

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

**Reducción del tiempo de arranque del circuito de
chancado Pb Zn mediante la implementación de red
telemétrica en Estaciones de bombeo de agua en
Sociedad Minera El Brocal**

Rivera Mayta Anthony Jhimy

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Industrial

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS:

A los docentes de la Universidad Continental por todos los conocimientos brindados en mi carrera universitaria con el único objetivo de formar un profesional de éxito para afrontar el largo sendero de la vida.

A mi madre y hermanos por sus consejos y su apoyo incondicional que siempre me alentó a seguir mi carrera universitaria.

A la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A.A por permitirme trabajar ahí hace 5 años y aplicar todos mis conocimientos en los proyectos del área de control de procesos, aumentando mis conocimientos al trabajar con extraordinarios profesionales con los que cuenta la compañía.

Dedicatoria:

*A Dios por cuidarme a lo largo
de mi vida y guiarme en mi
carrera profesional.*

*A mi madre y hermanos
por su infinita comprensión
a los largos de estos años.*

INDICE DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	10
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	10
1.2. Objetivos.....	12
1.3. Justificación e Importancia.....	12
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes del problema.....	14
2.2. Bases teóricas.....	16
2.3. Definición de términos básicos.....	20
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	21
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	21
3.2. Cronograma de actividades para el desarrollo de la Solución.....	23
4. CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	24
4.1. Identificación de requerimientos.....	24
4.2. Análisis de la Solución:.....	25
4.3. Diseño.....	27
5. CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN.....	30
5.1. Construcción.....	30
5.2. Pruebas y Resultados.....	72
Conclusiones.....	77
Trabajos futuros.....	78
Referencias Bibliográficas.....	79
Anexos.....	81

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. LISTADO DE ESTACIONES DE BOMBEO Y TIEMPO DE ARRANQUE DE CADA UNO	11
TABLA 2. HORAS DE USO POR ARRANQUE DE PLANTA	12
TABLA 3: MODO DE CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS Y ZONAS DE PERTENENCIA	35
TABLA 4: MODO DE CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS Y ZONAS DE PERTENENCIA.	35
TABLA 5: TRANSMISORES Y ANTENAS SEGÚN ENLACES	37
TABLA 6: COORDENADAS DE ESTACIONES DE BOMBEO	38
TABLA 7. CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA ESTACIÓN DE BOMBEO	57
TABLA 8: TIEMPOS DE ARRANQUE DE ESTACIONES DE BOMBEO	75

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BOMBEO	11
FIGURA 2. NSR – CASH COST SOCIEDAD MINERA EL BROCAL.....	13
FIGURA 3. FSCST 1 + 11 1702 v2- PROCESOS BUDGET	13
FIGURA 4. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA RETROALIMENTADO	17
FIGURA 5: GANTT DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO.....	23
FIGURA 6: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ARRANQUE NECESARIO	24
FIGURA 7. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES.	25
FIGURA 8: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE POSIBLES SOLUCIONES	26
FIGURA 9. ARQUITECTURA DE RED TELEMÉTRICA PROPUESTA	27
FIGURA 10. PLANO DE CONEXIONES ELÉCTRICAS DE ARRANCADORES A PLC	28
FIGURA 11. TABLERO DE CONTROL DE RED PARA ESTACIONES DE BOMBEO.....	28
FIGURA 12. PLANOS DE CONEXIÓN DE RADIO ENLACE	29
FIGURA 13. APROBACIÓN DE PLANOS PRESENTADOS PARA RED TELEMÉTRICA	30
FIGURA 14. TABLERO DE CONTROL Y FUERZA INSTALADOS EN ESTACIONES DE BOMBEO	31
FIGURA 15. CABLEADO EN GABINETES DE CONTROL DE ESTACIONES DE BOMBEO	31
FIGURA 16. CABLEADO EN TABLEROS DE VARIADOR DE FRECUENCIA	32
FIGURA 17: RADIO RDL3000 CONNECT-OW	33
FIGURA 18: RADIO RDL3000 CONNECT-OW	33
FIGURA 19: RADIO RDL3000 XP ELLIPSE.....	34
FIGURA 20: INSTALACIÓN DE RADIO ENLACE EN ESTACIONES DE BOMBEO	34
FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE COBERTURA Y EQUIPOS INSTALADOS	37
FIGURA 22: SISTEMA PARA ESTACIÓN BASE RDL-3000 XP ELIPSE CON ANTENA	40
FIGURA 23: SISTEMA PARA TERMINAL REMOTO RDL-3000 XP CONNECT OW CON	40
FIGURA 24: SISTEMA PARA TERMINAL REMOTO RDL-3000 XP CONNECT OW -ER	41
FIGURA 25: COORDENADA GEOGRÁFICA ESTACIÓN POZO 2.....	42
FIGURA 26: COORDENADA GEOGRÁFICA ESTACIÓN RESERVORIO.....	42
FIGURA 27: PARÁMETROS DEL ENLACE E2-E3.....	43
FIGURA 28: ESTACIÓN POZA 2 COMO MIEMBRO DEL ENLACE E2-E3	43
FIGURA 29: PATRÓN ANTENA ESTACIÓN POZO 2 (RDL3000 XP CONNECT OW 19 DBI –ANTENA INTERNA)....	44
FIGURA 30: ESTACIÓN RESERVORIO COMO MIEMBRO DEL ENLACE E2-E3	44
FIGURA 31: PATRÓN ANTENA ESTACIÓN RESERVORIO (RDL3000 XP CONNECT OW 19 DBI – ANTENA INTERNA).....	45
FIGURA 32: ENLACE ESTACIÓN POZO 2 – ESTACIÓN RESERVORIO SIMULADO	45
FIGURA 33: RESULTADOS RADIO ENLACE ESTACIÓN POZO 2 – ESTACIÓN RESERVORIO	46

FIGURA 34: RADIO ENLACE ESTACIÓN POZO 2 – ESTACIÓN RESERVORIO.....	46
FIGURA 35: CONFIGURACIÓN DE RED LINE.....	47
FIGURA 36: SYSTEM IDENTIFICATION	47
FIGURA 37: NETWORK CONFIGURATION	48
FIGURA 38: ADVANCED CONGURATIONS	48
FIGURA 39: CONFIGURACIONES SALVAR Y APLICAR	49
FIGURA 40: CONFIGURACIÓN DE MODO PMP SC	49
FIGURA 41: CONFIGURACIÓN DE MODO DE OPERACION	51
FIGURA 42: ASIGNACIÓN DE GRUPO	52
FIGURA 43: ASIGNACIÓN DE SERVICIO.....	52
FIGURA 44: CONFIGURACIÓN MODO PMP SC	53
FIGURA 45: LATENCIA DEL SERVIDOR AL PLC DE POZO 02 Y PILANCO.....	55
FIGURA 46: LÓGICA DE CONTROL DE BOMBA 1 DE R5 PARTE 1	58
FIGURA 47: LÓGICA DE CONTROL DE BOMBA 1 DE R5 PARTE 2	59
FIGURA 48: LÓGICA DE CONTROL DE BOMBA 1 DE R5 PARTE 3	60
FIGURA 49: LÓGICA DE CONTROL DE BOMBA 1 DE R5 PARTE 4	61
FIGURA 50: LÓGICA DE CONTROL DE BOMBA 1 DE R5 PARTE 5	62
FIGURA 51: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 1.....	63
FIGURA 52: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 2.....	64
FIGURA 53: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 3.....	65
FIGURA 54: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 4.....	66
FIGURA 55: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 5.....	67
FIGURA 56: LÓGICA DE CONTROL DE SENSOR DE NIVEL R5 PARTE 6.....	68
FIGURA 57: CONFIGURACIÓN OPC MATRIKON	69
FIGURA 58: CONFIGURACIÓN DEL PROPERTY TRANSFER	70
FIGURA 59: CONEXIÓN DE VARIABLES A LIBRERÍA MOT1 DE MINERALS.....	71
FIGURA 60: DESARROLLO DE PANTALLAS DE OPERACIÓN RESERVORIO DE AGUA	71
FIGURA 61: DESARROLLO DE PANTALLA DE OPERACIÓN BOMBAS - RED TELEMÉTRICA	72
FIGURA 62:FACEPLATE DE BOMBA 2 DE PILANCO	73
FIGURA 63: PANTALLA DE OPERACIÓN RESERVORIO DE AGUA SMEB.....	74
FIGURA 64: PANTALLA DE OPERACIÓN BOMBAS-RED TELEMÉTRICA	74
FIGURA 65: GRAFICO DE TENDENCIA DE TIEMPOS DE ARRANQUE.....	75

RESUMEN:

El presente proyecto, reducción del tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn mediante implementación de red telemétrica en estaciones de bombeo de agua fresca en Sociedad Minera El Brocal, consto en lograr el arranque remoto de las estaciones de bombeo a través de la automatización.

En las estaciones de bombeo, se instalaron gabinetes para el control de las bombas de agua fresca, las cuales al interactuar con las radios Red Line logran la intercomunicación en un área de 5km en la relavera de sociedad minera el brocal enviando datos de estados de las bombas, comando y sensores que se encontraban en las estaciones como nivel y flujo. Para interconectar las estaciones a la sala de operación del circuito de chancado y lavado se usó la red de fibra óptica existente de la red de control de Sociedad Minera El Brocal, esto permitió un arranque remoto de las estaciones de bombeo desde las pantallas de operación de la sala de control.

Con la automatización del arranque de bombas mediante red telemétrica, se logró la reducción del tiempo de arranque de la planta chancado Pb Zn en 36.6 min lo cual representa una reducción del 86.9%, cumpliendo con el objetivo propuesto y mejorando la confiabilidad del circuito.

INTRODUCCIÓN:

A medida que evoluciona la minera en nuestro país, cada vez es más recurrente la optimización en los tiempos de arranque de los circuitos, debido a que esto representa una cantidad y toneladas de mineral no tratado, esto hace que empresas como Sociedad Minera El Brocal se vean en la necesidad de analizar los tiempos de demora de los circuitos que posee e identificar las causas que infieren en la demora del arranque.

Para tener el mejor control del arranque de planta se pueden plantear diversas soluciones como la contratación de mayor personal que permita tener un mejor control de los sistemas alternos antes de arrancar un circuito como la planta de chancado lavado o automatizar los sistemas auxiliares con la finalidad de tener un control remoto de las estaciones desde el DCS (Sistema de Control Distribuido).

Este proyecto aborda específicamente la reducción del tiempo de arranque de planta chancado Pb Zn mediante implementación de red telemétrica en estaciones de bombeo de agua en Sociedad Minera El Brocal para lo cual se ha seguido una estructura que compone de 5 capítulos.

El primer capítulo está enfocado en el planteamiento del problema, en el cual se menciona los problemas que ha venido presentando el circuito de chancado lavado Pb Zn y que ello se debe al tiempo de demora que se tiene para arrancar las estaciones de bombeo de agua fresca, asimismo se plantea el objetivo del proyecto y se realiza la justificación de las mejoras que se realizaran.

El segundo capítulo hace referencia al marco teórico presentando los antecedentes del proyecto tanto nacionales como internaciones, asimismo se menciona las bases teóricas necesarias sobre el control de motores y la red telemétrica necesaria para el proyecto y la definición de términos básicos.

El tercer capítulo se orienta a la metodología de la investigación de tipo propositivo y orientado a la innovación así mismo se plantea un cronograma de actividades necesarias para realizar la correcta implementación del proyecto.

El cuarto capítulo está enfocado en el análisis y diseño de la solución para ello se realizó la identificación de los requerimientos con los jefes de guarda de chancado lavado Pb Zn, se realizó un análisis de las soluciones propuesta y se diseñó los planos necesarios para lograr la implementación del proyecto.

El quinto capítulo hace referencia a la construcción del proyecto en el cual se detalla y evidencia la instalación de la red telemétrica en las estaciones de bombeo y el arranque remoto de dichas estaciones desde el sistema de control de sociedad minera el brocal.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Sociedad Minera el Brocal es una empresa que se dedica a la explotación de diversos tipos de minerales, tales como Plata, Cobre, Plomo y Zinc. Las instalaciones de operación de tajo se ubican en la ciudad de Colquijirca en la Región Pasco y la planta concentradora se encuentra ubicada en el pueblo de Huaracaca a 15 minutos de Colquijirca.

En el circuito de mineral de Pb Zn cuentan con la planta de chancado lavado la cual se encarga de separar el mineral llegado de tajo sean finos o gruesos dependiente del diámetro del mineral, dicha planta trata 800TMS de mineral por hora.

En los últimos años han venido teniendo problemas con el arranque de la planta, debido a que para su operación la planta de chancado lavado requiere de agua fresca la cual por las condiciones geográficas se encuentran ubicados en puntos remotos a 5km de distancia aproximadamente.

En estos puntos se encuentran ubicados unos container con arrancadores, los cuales bombean agua fresca hacia la planta, al iniciar el arranque del circuito de chancado se requiere ir punto por punto y realizar el arranque de cada una de las bombas, el arranque se ve aún más afectado cuando existen avisos de alerta roja por tormenta eléctrica con lo cual ningún trabajador puede salir a campo abierto por seguridad, debido a ello se prolonga el tiempo en el arranque y afecta directamente al uso y rendimiento de la planta de chancado lavado.

Figura 1. Ubicación de Estaciones de Bombeo



Fuente: Extraído de Google Heart

Tabla 1. Listado de Estaciones de bombeo y tiempo de arranque de cada uno

Ítem	Estación de Bombeo	Grupo de Arranque	Modo	Distancia	Tiempo	Total
1	Reservorio de Agua	Operador 1	Caminando	200 metros	10 min	10 min
2	Poza 2	Operador 2	Camioneta	1.5 kilómetros	10 min	20 min
3	Pilanco	Operador 2	Camioneta	3 kilómetros	10 min	
4	Poza de Filtraciones	Operador 3	Camioneta	2.8 kilómetros	12 min	45 min
5	Huachaucaja	Operador 3	Camioneta	3 kilómetros	3 min	
6	R4	Operador 3	Camioneta	4 kilómetros	15 min	
7	R5	Operador 3	Camioneta	5 kilómetros	15 min	
Demora en Tiempo de Arranque						

Fuente: Recolección de tiempo de arranque de estaciones

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo reducir el tiempo de arranque de las estaciones de bombeo de agua fresca del circuito de chancado lavado Pn Zn en Sociedad Minera El Brocal – Cerro de Pasco?

1.2. Objetivos

General:

- Reducir el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn en Sociedad Minera El Brocal – Cerro de Pasco.

Específico:

- Identificar el principal motivo por el cual se demora el arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn.
- Realizar una propuesta de solución para reducir el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn.
- Realizar la construcción de la solución propuesta optimizando el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Justificación Práctica:

Este proyecto de investigación es una propuesta de solución a una necesidad que presenta el circuito de chancado lavado Pb Zn de Sociedad Minera El Brocal en Cerro de Pasco. Se desea realizar el proyecto con la finalidad de reducir el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn en y con ello aumentar la producción de mineral tratado al aumentar el % de uso de la planta y la disponibilidad de esta.

Según los reportes de análisis de uso de disponibilidad, costos de producción manejada por el área de mejora continua y costos de venta se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 2. Horas de Uso por Arranque de Planta

Año	Meses de Evaluación	Motivo	Horas de Parada	Unidades
2019	Enero- Diciembre	Arranque de Equipos Chancado Pb Zn	91.88	Horas

Fuente: Reporte de uso y disponibilidad de SMEB

Figura 2. NSR – Cash Cost Sociedad Minera El Brocal

INDICADORES	UM	2016	1Q-17	2Q-17	3Q-17	4Q-17	2017	1Q-18	2Q-18	3Q-18	4Q-18	2018
ANALISIS DE MARGEN CASH, \$/TMS												
MINERAL PB-ZN												
NSR Pb-Zn	USD/TM	28.0	50.7	46.9	48.2	52.2	49.5	49.5	60.7	73.7	70.4	62.4
Cash Cost	USD/TM	30.5	36.9	35.8	34.2	39.9	36.7	37.2	33.2	41.2	37.5	36.9
Mina		12.2	14.0	16.0	16.4	17.4	15.9	15.6	13.7	19.4	18.3	16.3
Planta		13.3	16.3	12.9	11.9	14.4	13.9	14.3	13.6	15.7	13.5	14.2
Soporte		3.2	4.4	4.8	3.9	5.6	4.7	6.4	5.4	5.6	5.1	5.7
Administrativo		1.8	2.2	2.2	2.0	2.4	2.2	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6
Margen Cash Pb-Zn	USD/TM	-2.4	13.7	11.1	14.0	12.3	12.9	12.3	27.5	32.5	32.9	25.6
Margen Cash Pb-Zn	MUSD		11.5	8.1	11.6	9.6	40.7	8.7	22.3	18.0	17.9	66.9
MINERAL CU												
NSR Cu	USD/TM	46.5	58.0	57.1	65.9	74.1	64.2	67.4	62.8	58.7	62.5	62.3
Cash Cost	USD/TM	32.7	37.9	42.3	41.7	49.8	43.1	48.8	42.7	40.8	38.6	42.0
Mina		17.6	18.5	23.4	25.7	30.3	24.7	28.4	24.4	21.9	21.5	23.6
Planta		10.1	12.9	12.0	10.1	11.5	11.6	12.8	12.3	12.7	11.2	12.2
Soporte		3.1	4.4	4.8	3.9	5.6	4.7	6.7	5.4	5.6	5.2	5.6
Administrativo		2.0	2.1	2.1	2.0	2.4	2.2	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6
Margen Cash Cu	USD/TM	13.8	20.1	14.8	24.2	24.3	21.1	18.6	20.1	17.9	24.0	20.3
Margen Cash Cu	MUSD	35.9	12.3	8.3	16.0	16.7	53.2	13.5	20.1	21.6	29.0	84.1

Fuente: Budget de costos de SMEB

Figura 3. Fscst 1 + 11 1702 v2- Procesos Budget

TRATAMIENTO MINERAL	UM	Q1	Q2	Q3	Q4	2017	2016	%
		Budget 17	Budget 17	Budget 17	Budget 17	Budget 17	Budget 16	Var
Days		90	91	92	92	365	366	398
CHANCADO MINERAL PB-ZN		90	91	86	55	322		
Plant Capacity	TMH / Day	12,047	12,851	13,101	12,639	12,657	12,754	-1%
Humidity	%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	8.09%	-13%
Plant Capacity	TMS / Day	11,204	11,951	12,184	11,754	11,771	11,722	0%
Throughput	TMS / Hr	757	774	800	800	781	820	-5%
Tonnes Crushed	TMS	1,008,331	1,087,575	1,047,838	646,474	3,790,217	4,290,240	-12%
Tonnes Crushed	TMH	1,084,226	1,169,435	1,126,707	695,133	4,075,502	4,667,929	-13%
Aporte a Finos	TMS	225,202	250,142	241,003	148,689	865,036		
Stock Pb/Zn						3,696,050		

Fuente: Budget de costos de SMEB

La Tabla 1 y Figuras 2 y 3 muestran un total de 91.88 horas en la demora del arranque de planta chancado Pb Zn al cual se obtiene del análisis de uso y disponibilidad reportada, considerando que tenemos un Budget de 781 TMS/Hr, las 91.88 horas de demora de arranque representa un total de 71,758.28 TMS no tratadas.

Se tiene un NSR Pb- Zn UDS/TM 49.5 y un Cash Cost USD /TM 36.7 lo cual representa una ganancia neta de \$ 12.8 dólares por TM. Multiplicando la ganancia neta por las 71,758.28 TMS no tratadas representa una pérdida anual de \$ 918 mil.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

RIOS VARGAS, Yair Leandro (2018) en “Análisis de radio enlaces de la red telemétrica de recolección de datos en tiempo real STC comparado con la simulación en el software radio Mobile, sus propiedades y características”. Para ostentar el grado de Profesional en ingeniería de las telecomunicaciones de la Universidad Agustiniana de Bogotá. Se realiza un análisis de radioenlace para la detección de variables meteorológicas en 5 estaciones remotas mediante la red telemétrica por Radio Enlace.

Capraro Flavio (2019) en “Implementación del sistema Telemetría Agrícola para el manejo y análisis de estrategias de riego deficitario controlado en el cultivo de tomate”. En este estudio se llegó a la conclusión que se puede lograr mayor precisión y control de sus procesos mediante la implementación de la telemetría.

Ramírez Gil Laura Viviana (2018) en “Reducción de Tiempo de Ciclo en Estación de Trabajo de Industria Automotriz”. Artículo desarrollado para la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Menciona que haciendo un análisis de las actividades que no agregan un valor directo al proceso y eliminándolas o reemplazándolas por soluciones más sustentables, se puede reducir el tiempo de cada ciclo.

Bach y Gareis (2017) en “Incorporación de Presóstatos Solares al Sistema de Telemetría del Servicio de Agua Potable de Crespo”. Presentado en el XV Seminario Iberoamericano de Redes de Agua y Drenaje, SEREA2017. Menciona que con la implementación de la red telemétrica en las estaciones de agua potable han conseguido que su servicio sea más eficiente y enrumbe camino a un sistema sustentable en el tiempo.

Pincay Canales, Kevin Bryan (2018) en “Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control y supervisión del consumo de agua en hogares residenciales”. Presentado para ostentar el Título de Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo en la Universidad Católica de Guayaquil. Desarrollan un sistema de telemetría que permite controlar y supervisar el consumo de agua.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gamarra Zarate, Jordy Bryan (Gamarra Zarate 2017) en “SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, COMO ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESABASTECIMIENTO DE AGUA, EN EL A.H. PORTADA DE MANCHAY II, DISTRITO DE PACHACAMAC”. El estudio demuestra que mediante la automatización se logra la reducción de los tiempos de arranque de las estaciones de abastecimiento de agua debido a la mayor eficiencia y control que proporciona un sistema con controlador lógico programable.

Chan Rios, Renzo José (2017) en “Desarrollo de un sistema telemétrico avanzado para sensores medioambientales remotos”. Para ostentar el Título Profesional de Ingeniero electrónico en la Universidad Nacional del Callao. El estudio elabora un prototipo de red telemétrica con el cual se logran realizar un monitoreo de variables medioambientales en estaciones remotas y zonas rurales en tiempo real.

Días Solano, Mendoza Valdivieso y Young Chung (Díaz Solano, Mendoza Valdivieso y Yong Chung 2015) en “Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de fabricación de productos culinarios deshidratados en polvo”. Para ostentar el grado de Máster en Dirección de Operaciones y logística de la

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. En el estudio muestra que para lograr reducir la viabilidad del proceso y tiempo de fabricación se debe de implementar un esquema nuevo y una implementación de herramientas que permitan respaldar el proceso.

Calderón Vilca y Ingemmet (2019) “INFORME ANUAL 2019: INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED TELEMÉTRICA DE LOS VOLCANES SABANCAAYA, UBINAS, MISTI Y TICSANI”. Muestran que mediante la implementación de la red telemétrica han logrado obtener monitoreo continuo de las estaciones remotas que permiten mejorar la supervisión y la toma de decisiones ante alguna anomalía y debido a ello en el 2019 se optó por ampliar dicha red vía repetidor Qelloapacheta – repetidor Pukasaya

2.2. Bases teóricas

En esta capítulo se proporcionará los conceptos necesarios sobre los sistemas de control, red telemétrica entre otros, los cuales serán necesarios para desarrollar el proyecto de Reducción del tiempo de arranque del circuito de chancado Pb Zn mediante la implementación de red telemétrica en Estaciones de Bombeo de Agua en Sociedad Minera El Brocal

2.2.1. Sistema de Control

2.2.1.1. Definición:

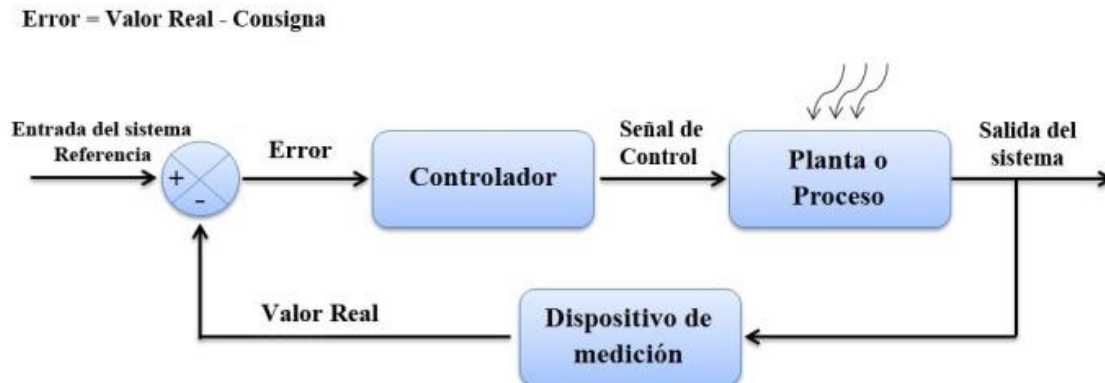
Un sistema de control es un conjunto de elementos que interactúan entre sí para manipular, controlar y regular la variable de salida de un proceso, con la finalidad de estabilizar un proceso pese a las interferencias que pueda presentar.

2.2.1.2. Elementos de un sistema de control

Los elementos con los que debe de contar un sistema de control son los siguientes:

- **Variable Controlada:** Es un elemento de salida el cual tienen a ser medido continuamente para después ser controlado mediante el lazo de control.
- **Variable manipulada:** Es un elemento que tiende a ser regulado debido a que afecta directamente a la variable controlada.
- **Sensor:** Es un aparato electrónico que permite medir las variables de proceso mediante una escala predeterminada.
- **Controlador:** Aparato electrónico que recibe las medidas realizadas por los sensores de la variable manipulada y variable controlada para usarlo en un algoritmo de control que permitirá obtener la salida deseada.
- **Actuador:** Dispositivo que mediante la salida del controlador interactúa con el proceso para modificar la variable controlada.

Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado



Fuente: Lazo cerrado de control

2.2.1.3. Tipos de Sistema de Control

Existen dos tipos de sistemas de control principalmente los cuales son; lazo abierto y lazo cerrado, estas difieren en base a la salida pues mientras uno no interfiere en el control, el otro si intentando regularlo en base al proceso.

- **Sistema de Control de Lazo Abierto:** Es un sistema en el cual la salida no tiende a ser manipulada al no interferir en el proceso, esto quiere decir que el sistema de control no necesita una retroalimentación para poder operar de forma adecuada.
- **Sistema de Control de Lazo Cerrado:** Es un sistema en el cual la salida tiene a ser manipulada en base a un algoritmo de control que busca regular el valor deseado de la salida con el valor actual que se obtiene de una medición constante. Estos sistemas son los más confiables para ser implementados en procesos donde se requiere un valor deseado con el mejor resultado posible como flujo, temperatura, pH, entre otros.

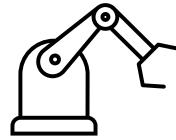
2.2.2. Red Telemétrica

2.2.2.1. Definición:

La telemetría es un conjunto de sistemas tecnológicos que interactúan de forma remota, para realizar un monitoreo de variables específicas de un equipo o estación que se requiera controlar desde una central, este sistema usualmente se encuentra a kilómetros de distancia por lo cual la comunicación se da mediante radio enlace.

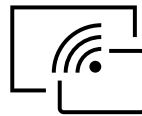
2.2.2.2. Como funciona:

1. **Recopilación de datos:** En las estaciones donde se instala los puntos de red telemática se instalan diversos sensores y controladores capaces de medir datos en base a la necesidad.



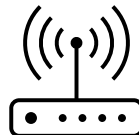
Fuente: Imagen de Microsoft Word

2. **Aparatos externos a los equipos:** Los datos requeridos de una estación son recopilados por sensores específicos que no interfieren con el sistema de telemetría.



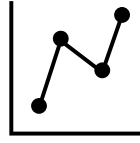
Fuente: Imagen de Microsoft Word

3. **Transmisión desde un emisor:** Los datos de las estaciones se convierten en señales digitales mediante dispositivos electrónicos que a la vez envían estos datos de forma inalámbrica. Entre los dispositivos pueden ser celulares, radios, satélites entre otros.



Fuente: Imagen de Microsoft Word

4. **Levantamiento de datos:** Los datos que son recolectados por los sensores en cada estación son escalados a magnitudes como m³/h, t^o, psi, ubicaciones, entre otros.



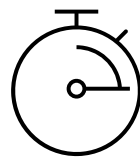
Fuente: Imagen de Microsoft Word

- 5. Comunicación inalámbrica:** Independiente de la red inalámbrica que se use sea radio, celular, satélite, todos los datos y la información requerida son enviadas en tiempo real a una central a distancia que se encarga de interpretarlos y usarlos según sea conveniente.



Fuente: Imagen de Microsoft Word

- 6. Retroalimentación:** En base a los datos recolectados por la central esta tiende a diagnosticar y evaluar la situación de cada estación para poder decidir y emitir una orden de forma inmediata y de forma automatizada para garantizar la confiabilidad de cada estación.



Fuente: Imagen de Microsoft Word

2.3. Definición de términos básicos

Controlador: Dispositivo Electrónico capaz de almacenar en la CPU la lógica de Control del Proceso.

PLC: Equipo compuesto por CPU, fuente de alimentación, interfaces de comunicación y que maneja la información que ingresa y sale por los módulos de entrada/salida.

Control Manual: En este modo de operación se emplearán botoneras en campo, lógica cableada.

Control Automático: En este modo de operación se empleará un lazo de control del nivel.

ECL: Estación de Control Local, consiste en un panel de mandos de Start (ST), Stop (SP), Local/Remoto (L/R) y Parada de Emergencia (PE) ubicado en campo, cerca del, permite controlar el equipo, este panel es un punto de mando remoto del CCM.

Estación de trabajo: O también llamados Workstation, son las estaciones habilitadas para desarrollos de ingeniería, desarrollo de ampliación o sintonía de los lazos de control del proceso.

Estación de bombeo: Fuente de abastecimiento de agua que cuenta con estructuras civiles, mecánicas y eléctricas encargadas de suministrar agua hacia un reservorio o línea directa de abastecimiento.

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

Para el presente proyecto de investigación se ha optado por una metodología de carácter Tecnológico debido a que nuestro proyecto es una solución a un problema actual que se viene dando en el proceso de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn en Sociedad Minera El Brocal.

Tipos de Investigación Tecnológica:

- a) **Descriptivo:** Las investigaciones de este tipo se centran en la investigación de un comportamiento que afecte a un proceso con preguntas como ¿Qué elementos inciden en? ¿Qué variable modifica los...?
- b) **Propositiva:** Este tipo de investigación científica se orienta a la búsqueda de soluciones a problemas existentes para lo cual se busca o innovar o inventar un equipo o proceso que ayude al problema existente. Para este tipo de investigación son comunes preguntas como ¿Cómo reducir el tiempo de...? ¿Qué componente me haría más eficiente en...?
- c) **Evaluativa:** Es una metodología usada con la finalidad de medir ciertos criterios técnicos de valorización hacia una máquina, proceso, procedimiento, etc. Las principales variables para valorizar son la fiabilidad del equipo, la eficiencia de este y su eficacia. La pregunta más común de esta investigación es ¿Cuál es la eficiencia del equipo...?

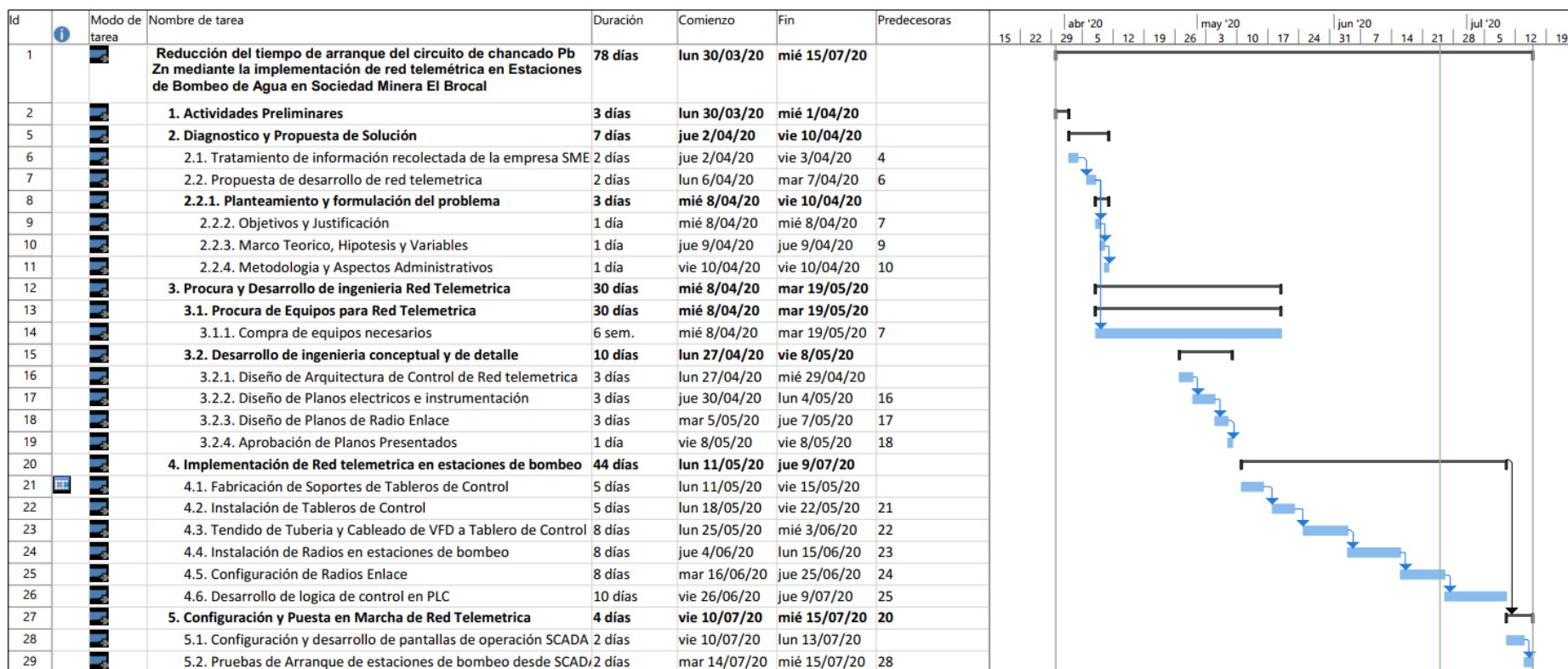
Mencionada la aclaración se considera que nuestro proyecto se aplicara la investigación tecnológica de tipo propositivo y orientado a una innovación, esto debido a que contamos con un proceso el cual debe de ser mejorado en la forma en la cual se realiza.

En Sociedad Minera El Brocal el problema presenta es la demora en el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn esto debido a que el proceso de arranque de las estaciones de bombeo de agua fresca, por tanto, este proceso será optimizado realizando la implementación de una red telemétrica que permita reducir de forma significativa el tiempo de arranque actual.

3.2. Cronograma de actividades para el desarrollo de la Solución

La figura 5 muestra el detalle de todas las actividades que se realizaron para el desarrollo de la solución planteada, asimismo cuanta con un detalle de la duración incluyendo el inicio y fin de cada actividad.

Figura 5: Gantt de Actividades del Proyecto



Fuente: Desarrollado en Microsoft Project

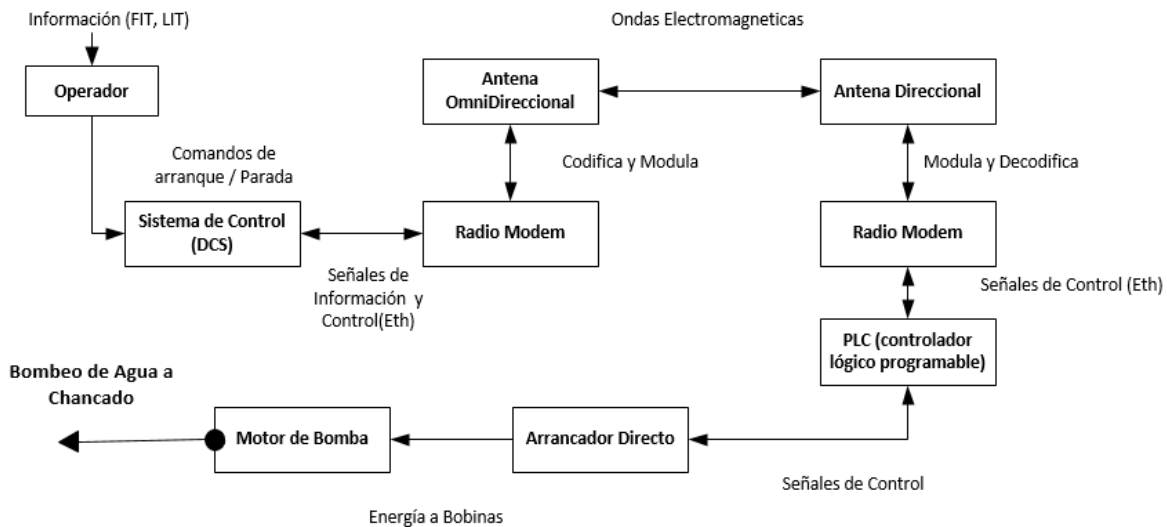
4. CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Identificación de requerimientos

Para la identificación del requerimiento se realizó una reunión con los jefes de las áreas de chancado lavado Pb Zn y de Agua y Relaves, estos últimos responsables de las estaciones de bombeo de agua fresca.

Con los conocimientos adquiridos se optó por el desarrollo de un diagrama de bloques del proceso que especificara el requerimiento funcional que requieren.

Figura 6: Diagrama de bloques del Proceso de Arranque necesario



Fuente: Desarrollado en software Visio

La figura 6 muestra el diagrama de bloques del proceso de arranque, en el cual se aprecia que el usuario recibe la información de equipos ubicados en campo. Luego decide arrancar o parar las bombas ubicadas en las estaciones de operación, la señal se envía al radio modem para codificar y decodificar. La señal llega al PLC el cual ejecuta su lógica de control y manda nuevas señales al arrancador para el arranque de bomba y próxima llegada del Agua a Chancado.

4.2. Análisis de la Solución:

Se requiere un arranque rápido de las estaciones de bombeo para reducir el tiempo de arranque de chancado, para el cual se han planteado 3 posibles soluciones.

1. Arranque mediante contratación de personal técnico para arranque local de estaciones de bombeo.
2. Arranque mediante automatización por estaciones de bombeo - Red Telemétrica.
3. Arranque mediante automatización por estaciones de bombeo – Fibra Óptica

Criterio de Evaluación

Muy Bajo: 0

Bajo: 25

Regular : 50

Alto: 75

Muy Alto: 100

Figura 7. Matriz de Evaluación de Posibles Soluciones.

Item	Descripción	Variación Puntos	Arranque mediante					
			Contratación de personal		Automatización -Red Telemetrica		Automatización - Fibra Optica	
01	Cumple con las especificaciones técnicas requerida en el Alcance del Trabajo.	30%	75.0	El operador arranque previa coordinación por radio	100.0	El operador de sala arranca en tiempo real	100.0	El operador de sala arranca en tiempo real
02	Estrategia y metodología de supervisión y control	30%	25.0	El operador no puede registrar eventos mas no data de instrumentos	75.0	El Scada registradata eventos y data de instrumentos de medición	75.0	El Scada registradata eventos y data de instrumentos de medición
03	Presuesto requerido para su implementación	20%	75.0	Requiere pago indefinido / montos minimos	75.0	Dentro del presupuesto	50.0	Presupuesto un poco elevado
05	Plan de Seguridad , Salud Ocupacional & Medio Ambiente	20%	0.0	El operador se encuentra expuesto a condiciones extremas	75.0	Usa la red inalambrica para su implementación	25.0	Requiere instalación de postes para su implementación
Puntaje Evaluación Técnica		100%	45.00		82.50		67.50	

Fuente: Desarrollado en Excel

Como se puede apreciar en la Figura 7 la solución que tiene mayor evaluación técnica es el arranque mediante automatización de estaciones de bombeo - red telemétrica, debido a contar con las especificaciones requerida y no requerir instalación de postes en zonas urbanas fuera del alcance de la operación de Sociedad Minera El Brocal.

Figura 8: Evaluación Económica de Posibles Soluciones

Descripción:	IMPLEMENTACIÓN DE RED TELEMETRICA EN RELAVES			Solución	Contratación de Personal	Automatización Red Telemetrica	Automatización - Fibra Optica
Usuario:	Anthony Rivera			Propuesta No			
Administrador:	Cristobal Alonzo, Percy Humberto			Fecha	25-Jun-20	25-Jun-20	25-Jun-20
Fecha:	25-Jun-20			Moneda	Dolares Americanos	Dolares Americanos	Dolares Americanos
EVALUACIÓN TÉCNICA				Punt	Evaluación	Punt	Evaluación
Calificación Técnica Total (%)					45.00		82.50
EVALUACIÓN ECONÓMICA				P.U	Parcial	P.U	Parcial
Item	Und	Cant	Descripción				
1	Glb	1	Costo Directo		24,978.97		72,684.72
2							120,673.84
			Gastos Generales		6,092.54		2,500.00
			Utilidad		2,479.90		4,900.00
			Descuento Comercial				
COSTO TOTAL DEL SERVICIO \$					33,551.41		80,084.72
COSTO TOTAL DEL SERVICIO (\$)					33,551.41		80,084.72
							126,169.52

Fuente: Desarrollado en Excel

En la figura 8 se puede apreciar que la solución más barata es la contratación de personal, pero en la evaluación técnica de la figura 7 no cumplía los requisitos mínimos.

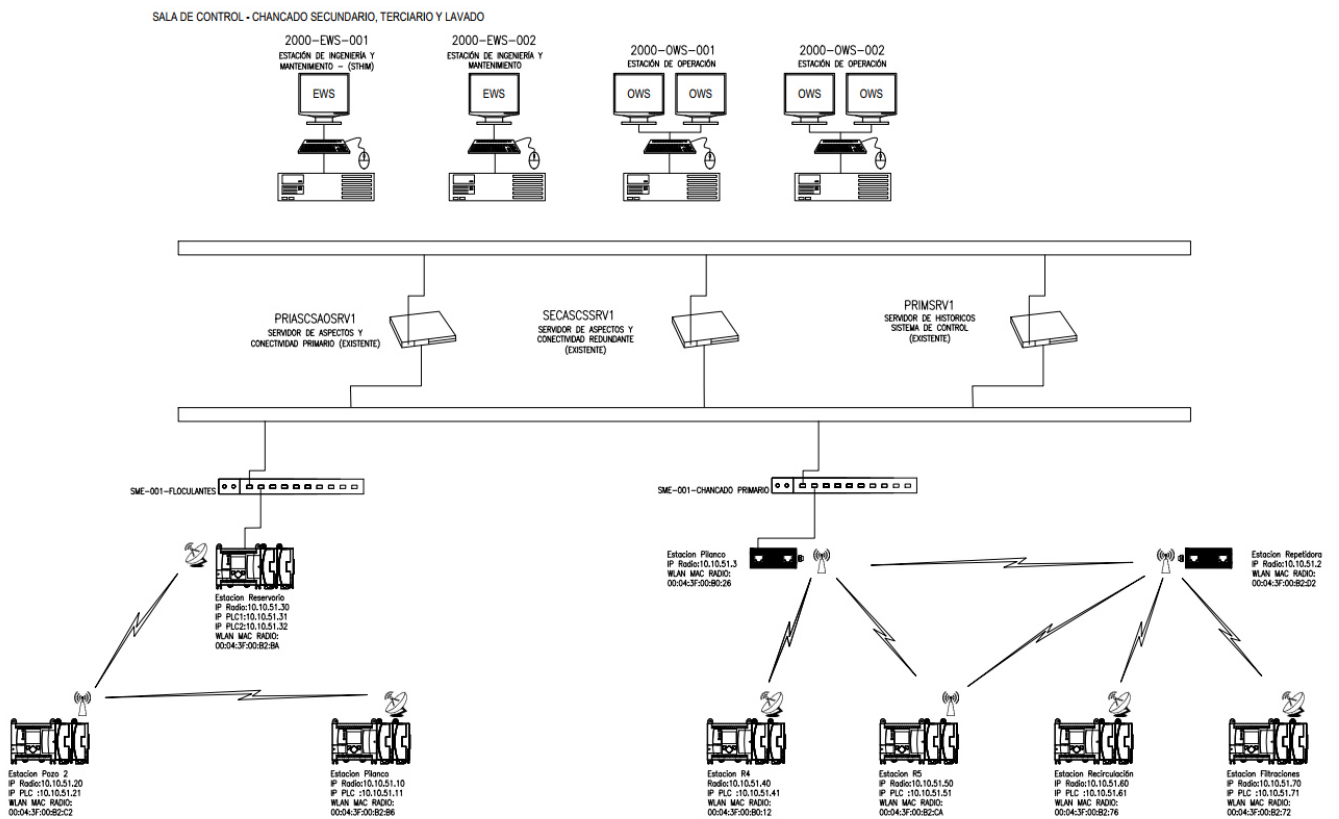
Tanto en la solución de red telemétrica como la instalación de fibra óptica se cumple con las condiciones solicitadas, sin embargo optamos por la red telemétrica al cumplir la especificación técnica de la figura 7 y ser el más accesible económicamente en comparación a la fibra óptica.

4.3. Diseño

4.3.1. Diseño de Arquitectura de Control de Red Telemétrica

En la figura 9 se muestra el diseño de red telemétrica para el presente proyecto el cual consta de 7 estaciones de bombeo y 2 estaciones que funcionan como repetidores de señal, se puede apreciar que dichas estaciones se encuentran separadas en grupos de 3 y 4 respectivamente, esta separación se da debido a que unas estaciones se encuentran al este y otras al oeste de la planta concentradora, ambos grupos al fin convergen en la red de control principal en la cual sus datos son procesados por el servidor PRIASCSAOSrv1 para luego ser procesado a las estaciones de operación desde donde el operador puede visualizar estado de operación así como también arrancar y parar las bombas en base a la necesidad de la planta.

Figura 9. Arquitectura de Red Telemétrica Propuesta

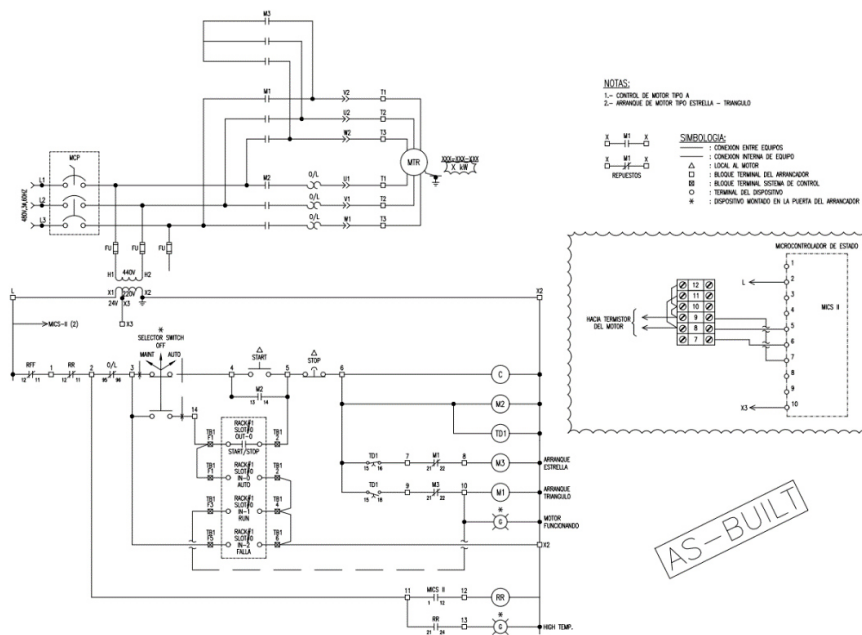


Fuente: Plano desarrollado en AutoCAD 2020

4.3.2. Diseño de Planos Eléctricos e Instrumentación

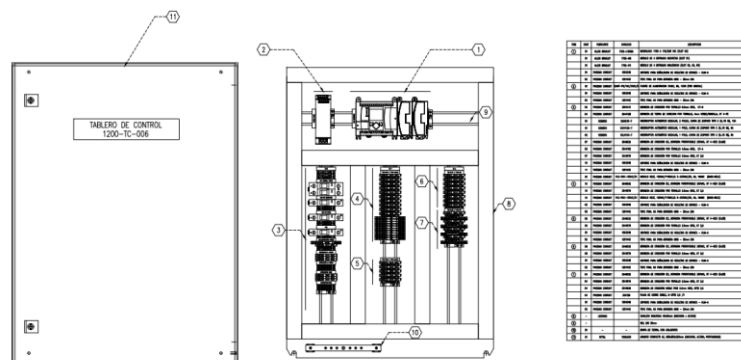
La figura 10 es una visualización de la conexión eléctrica que se debe de realizar en los tableros eléctricos de cada bomba a ser controlada, para ello se consideran 5 señales básicas, Start/Stop, Local/Remoto, Ready, Run, Faul. Estas señales son cableadas de forma eléctrica hasta la entrada de nuestro PLC el cual forma parte de la red telemática y será controlada desde estación de operación en la planta concentradora.

Figura 10. Plano de Conexiones Eléctricas de Arrancadores a PLC



Fuente: Plano desarrollado en AutoCAD 2020

Figura 11. Tablero de Control de Red para Estaciones de Bombeo

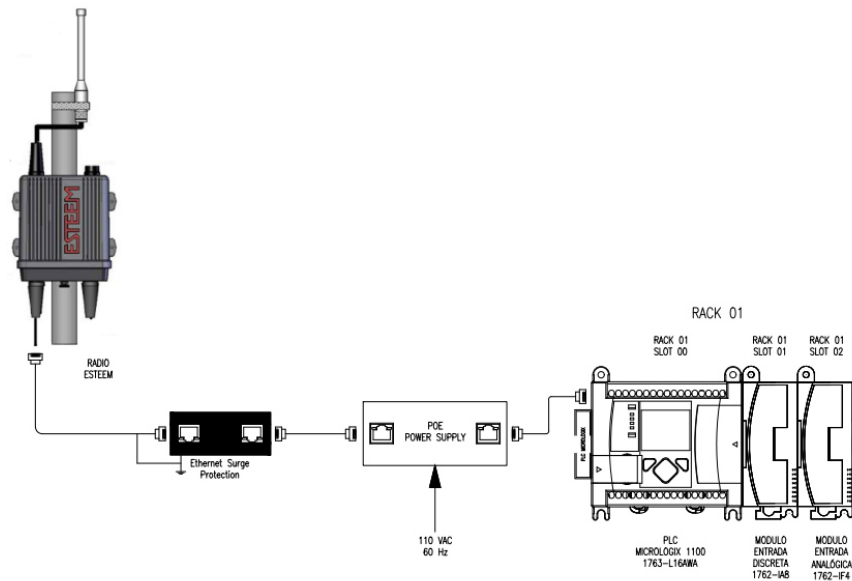


Fuente: Plano desarrollado en AutoCAD 2020

4.3.3. Diseño de Planos Radio Enlace

El Diagrama mostrado muestra la conexión que debe de realizarse en cada estación de bombeo entre el Radio Enlace y el PLC de dicha estación, asimismo las consideraciones para tener en cuenta para la protección de los equipos como viene hacer la instalación del POE para la protección de la Radio.

Figura 12. Planos de Conexión de Radio Enlace



Fuente: Plano desarrollado en AutoCAD 2020


4.3.4. Aprobación de Planos Presentados:

Debido al constante cambio en la industria, hoy en día la mayoría de las aprobaciones y confirmaciones se hace vía correo electrónico debido a que por este medio es considerado una vía más formal y sirve como registro del día, fecha y personal que realizo la aprobación.

En la figura 13 se puede apreciar que los planos presentados fueron, fueron aprobados satisfactoriamente.

Figura 13. Aprobación de Planos Presentados para Red Telemétrica

Solicitud de Aprobación de Planos de Red Telemetrica


 Elver Pablo
Dom 24/05/2020 08:33
Para: Anthony Jhimy Rivera





Estimado:

Aprobado, Proceder con la fabricación.

Saludos,

...

 Anthony Jhimy Rivera
Jue 21/05/2020 20:12
Para: Elver Pablo

 Arquitectura Red Telemetrica-... 417 KB	 Conexión de Motores- Direct... 205 KB	 Conexión de Motores_VFD-La... 228 KB	 Conexión de Radio Enlace-La... 209 KB
--	--	---	--

4 archivos adjuntos (1 MB) Descargar todo Guardar todo en OneDrive - CÍA Minera Buenaventura S.A.A


Estimado Ing. Elver:

Se envía los siguientes Planos para su validación.

- Arquitectura de Control Red Telemetrica
- Planos Eléctricos e Instrumentación
- Planos de Radio Enlace.

Saludos,

Anthony Jhimy Rivera
Tecnico de Control de Procesos
Pasco - El Brocal



Fuente: Correo corporativo de SMEB

5. CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN

5.1. Construcción

5.1.1. Fabricación e Instalación de Tableros de Control.

Se realizo los soportes y se procedió a instalar los tableros de control en cada estación de bombeo desde ahí se procederá a cablear las señales de control hacia los arrancadores de cada bomba.

Figura 14. Tablero de control y fuerza Instalados en Estaciones de Bombeo



Fuente: Fotografías tomada es estaciones de bombeos SMEB

5.1.2. Tendido de tubería y cableado de VFD a Tablero de Control

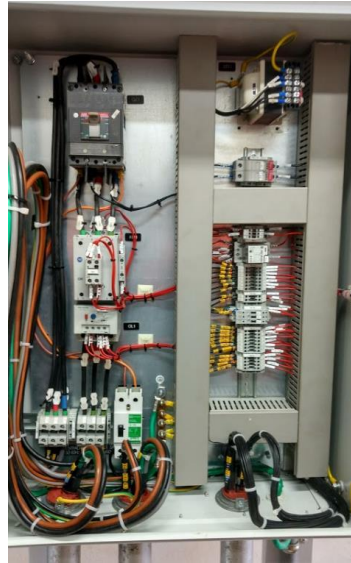
Se realizo el tendido de tubería Conduit de $\frac{3}{4}$ desde los Variadores de Frecuencia hasta el tablero de control considerando un cable 7x12AWG para transportar las señales de arranque y control, asimismo un cable 2x18AGW apantallado para las señales análogas.

Figura 15. Cableado en Gabinetes de Control de Estaciones de Bombeo



Fuente: Fotografía de cableado en estaciones de bombeo en SMEB

Figura 16. Cableado en Tableros de Variador de Frecuencia



Fuente: Fotografía interna de tablero de control de estación de bombeo SMEB

5.1.3. Instalación de Radios en Estaciones de Bombeo:

El sistema de red telemétrica está diseñado principalmente en radioenlaces, la cual está conformada por radios, antenas integradas o externas (parabólicas y sectoriales), accesorios de energización y protección eléctrica.

Para las radios con antenas integradas, se instaló el modelo “**RDL3000 CONNECTOW**”; de este modelo fueron utilizadas (09) nueve radios, (01) una en la “Estación Pilanco”, (02) dos en la “Estación Pozo 2”, (01) una en la “Estación Reservorio”, (01) una en la “Estación Recirculación”, (01) una en la “Estación Filtraciones”, (01) una en la Estación PTARI, (01) una en la “Estación R4” y (01) una en la “Estación R5”. El modelo de la radio se muestra en la figura 17.

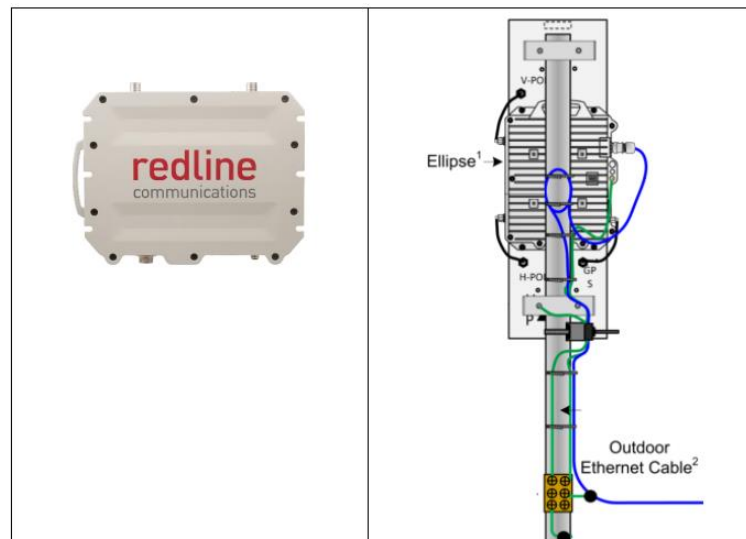
Figura 17: Radio RDL3000 CONNECT-OW



Fuente: Manual de Radio Red Line

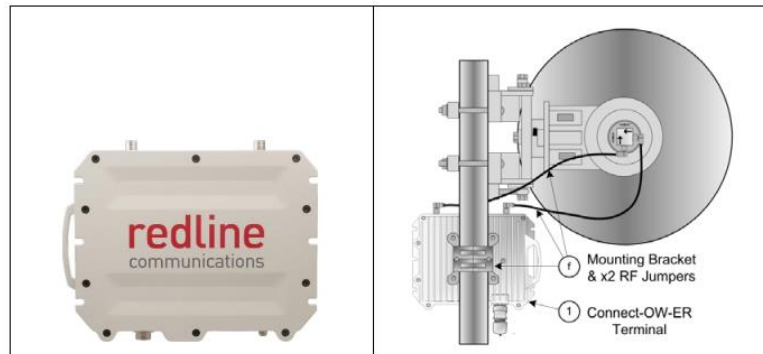
Se hizo uso de (02) dos radios del modelo “**RDL3000 XP ELLIPSE**” con antenas sectoriales, (01) una en la “Estación Chancado” y (01) en la “Estación repetidora”; (01) una radio del modelo “**RDL3000 CONNECT-OW-ER**” con (01) una antena parabólica se instaló en la “Estación Chancado”. El modelo de las radios se muestra en la figura 18 y figura 19 respectivamente.

Figura 18: Radio RDL3000 CONNECT-OW



Fuente: Manual de Radio Red Line

Figura 19: Radio RDL3000 XP ELLIPSE



Fuente: Manual de Radio Red Line

Se realizo datos de concreto en cada estación de bombeo para la base de los mástiles, asimismo se fabricó un soporte metálico de 5 metros para cada radio enlace el cual se encuentra aterrado a un pozo a tierra ante alguna posible descarga eléctrica, cada radio tiene su POE, antena y monden correspondientemente.

Figura 20: Instalación de Radio enlace en estaciones de bombeo



Fuente: Fotografía tomada en estaciones de bombeo SMEB

5.1.4. Configuración y Simulación de radio enlace:

Las radios fueron configuradas en **Modo PMP SC** (controlador) o **PMP SS** (esclavo). Las radios en Modo PMP SC conectan a las radios en Modo PMP SS, y para ello se deben cumplir los requerimientos básicos, como por ejemplo estar en la misma frecuencia de trabajo y su MAC para que sea enlazados. La MAC del equipo PMP SS está registrado en el equipo PMP SC a quien será enlazado.

Para propósitos de facilitar y diferenciar los equipos, estos fueron clasificados en (04) cuatro Zonas, y en (04) cuatro frecuencias diferentes. Las radios que han sido configuradas en “Modo controlador” y “Modo esclavo” se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3: Modo de configuración de los equipos y Zonas de pertenencia

MODO PMP SC	MODO PMP SS	ZONA	FRECUENCIA (GHz)
POZO_02_02	PILANCO	ZONA_01	5.7
RESERVORIO	POZO_02_01	ZONA_02	5
REPETIDORA	RECIRCULACIÓN	ZONA_03	5.6
	FILTRACIONES		
	CHANCADORA_01		
CHANCADORA_02	PTARI	ZONA_04	5.1
	R4		
	R5		

Fuente: Elaborado en Excel en base a la zona de pertenencia

Los equipos antes de ser instalados y configurados, se les activó las licencias y actualización del firmware a la versión 3.8.8. También fueron configurados los IP, GATEWAY. La Tabla 5 muestra las MAC, SERIE, LICENCIA, MODELO, UBICACIÓN, IP y GATEWAY.

Tabla 4: Modo de configuración de los equipos y Zonas de pertenencia.

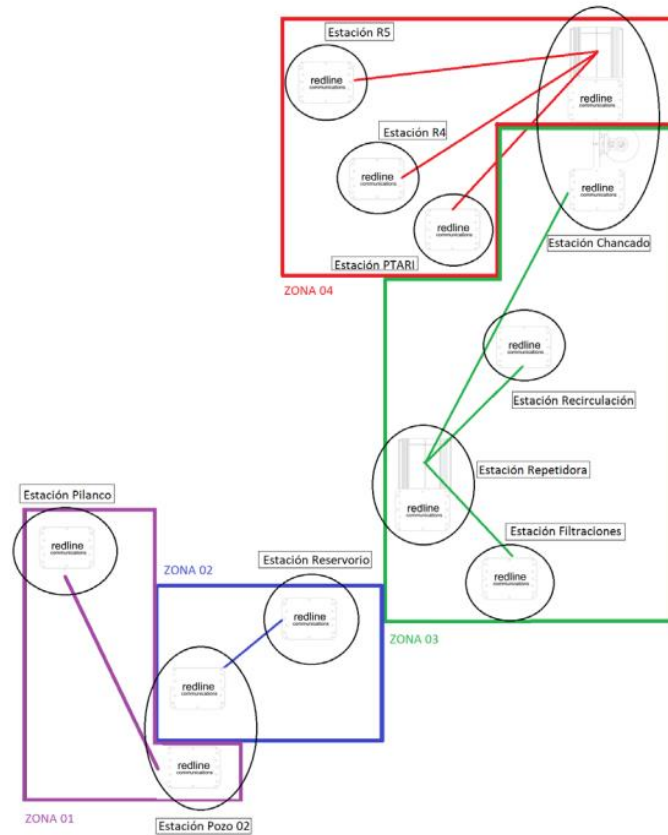
ZONA_01				
MAC / SERIE	LICENCIA	MODELO	UBICACIÓN	IP/GATEWAY
MAC: 00:09:02:16:8E:A9	Q1S1SK3J- DVDNVRK3-	RDL3000 CONNECT-OW	POZO_02_02	IP: 10.10.51.22
SERIE: 215SC19070006	QFH75FNR- U17U2ICC- 6CNT3VFA			GATEWAY: 10.10.51.30

MAC: 00:09:02:16:8E:DB	RP8V7JTA-28CSVQC3-WWGB5CFR SH6H2HKC-0TMG3UNA	RDL3000 CONNECT-OW	PILANCO	IP: 10.10.51.10
SERIE: 215SC19070008				GATEWAY: 10.10.51.30
ZONA_02				
MAC / SERIE	LICENCIA	MODELO	UBICACIÓN	IP/GATEWAY
MAC: 00:09:02:16:8E:47	BGF4MU89-WGV DAT1A	RDL3000 CONNECT-OW	POZO_02_01	IP: 10.10.51.20
SERIE: 215SC19070027	K52UH92J GBK7MKQ5-B646NPR3			GATEWAY: 10.10.51.30
MAC: 00:09:02:16:8E:2A	CTB7FLES-EKVDAT1A	RDL3000 CONNECT-OW	RESERVORIO	IP: 10.10.51.31
SERIE: 215SC19070029	K52UH92J GBK7MKQ5-B646NPR3			GATEWAY: 10.10.51.30
ZONA_03				
MAC / SERIE	LICENCIA	MODELO	UBICACIÓN	IP/GATEWAY
MAC: 00:09:02:16:55:3D	M2R8JMH3-WU5NTAK7-QEQ77WNV-3H6UQTPF -S4G6IGS9	RDL3000 XP ELLIPSE	REPETIDORA	IP: 10.10.51.2
SERIE: 157SC18420050				GATEWAY: 10.10.51.1
MAC: 00:09:02:16:8D:FE	U49NGG0A-5MPUBG19-C54DG52G-8BINNPQ6-J62MMKR0	RDL3000 CONNECT-OW	RECIRCULACION	IP: 10.10.51.60
SERIE: 215SC19070023				GATEWAY: 10.10.51.1
MAC: 00:09:02:16:8F:1E	6EDI6P48-K2TQAQ9B-VL09HCAI-RSMJMH4-1M6INUI2	RDL3000 CONNECT-OW	FILTRACIONES	IP: 10.10.51.70
SERIE: 215SC19070024				GATEWAY: 10.10.51.1
MAC: 00:09:02:16:B0:73	0P37D5EW-11CP6QAJ-VJG8UC9A-RU6EBUKF-PTG02HN9	RDL3000 CONNECT-OW-ER	CHANCADORA_01	IP: 10.10.51.3
SERIE: 237SC19210132				GATEWAY: 10.10.51.1
ZONA_04				
MAC / SERIE	LICENCIA	MODELO	UBICACIÓN	IP/GATEWAY
MAC: 00:09:02:16:54:FE	28HJ907M-1AUIISWS-SQ129ET2-16VPNDJJ-QJ83T1GL	RDL3000 XP ELLIPSE	CHANCADORA_02	IP: 10.10.51.5
SERIE: 157SC18420048				GATEWAY: 10.10.51.1
MAC: 00:09:02:16:8E:74	M61GL00E-51A87LAG-6JMPT099-2U0IJ8PA-J5RMG4SC	RDL3000 CONNECT-OW	R4	IP: 10.10.51.40
SERIE: 215SC19070001				GATEWAY: 10.10.51.1 IP: 10.10.51.50
MAC: 00:09:02:16:8E:75	5PUM2QD0-MRN6GENV-H8BMBSK7-L6UCC6FH-EBDDDACN	RDL3000 CONNECT-OW	R5	IP: 10.10.51.50
SERIE: 215SC19070003				GATEWAY: 10.10.51.1

MAC: 00:09:02:16:8E:4E	6VUNAQFG MV5MKAMN QAQ6FWLE U4FC0N4D- CTL83S7B	RDL3000 CONNECT- OW	PTARI	IP: 10.10.51.80
SERIE: 215SC19070037				GATEWAY: 10.10.51.1

Fuente: Elaborado en Excel en base a la Zona de Pertenencia

Figura 21: Distribución de Zonas de cobertura y equipos instalados



Fuente: Elaborado en Word para definir zonas de pertenencia

Para la configuración de las redes inalámbricas nos basamos a partir de la arquitectura propuesta de la figura 9 y de las especificaciones técnicas de los transmisores y antenas.

Tabla 5: Transmisores y antenas según enlaces

Enlace	Miembros	Transmisor		Antena		Topología	Dirección Antena
		Modelo	Potencia	Tipo	Potencia		
E2-E3	Estación Pozo 2 (Estación 2)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Nodo	Estación Reservorio (Estación 3)
	Estación Reservorio (Estación 3)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Terminal	Estación Pozo 2 (Estación 2)

E2-E1	Estación Pozo 2 (Estación 2)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Nodo	Estación Pilanco (Estación 1)
	Estación Pilanco (Estación 1)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Terminal	Estación Pozo 2 (Estación 2)
SC Est8	Estación R5 (Estación 6)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Esclavo	Estación Chancado I (Estación 8)
	Estación R4 (Estación 7)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Esclavo	Estación Chancado I (Estación 8)
	Estación PETARI (Estación 9)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Esclavo	Estación Chancado I (Estación 8)
	Estación Chancado I (Estación 8)	RDL3000 XP Ellipse	31 dBm	Sectorial 90°	16 dBi	Maestro	Fijo
SC E_Rep	Estación Filtraciones (Estación 4)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Esclavo	Estación Repetidora
	Estación Recirculación (Estación 7)	RDL3000 XP Connect OW	31 dBm	Incorporada	19 dBi	Esclavo	Estación Repetidora
	Estación Chancado I (Estación 8)	RDL3000 XP Connect OW ER	31 dBm	Parabólica	29 dBi	Esclavo	Estación Repetidora
	Estación Repetidora	RDL3000 XP Ellipse	31 dBm	Sectorial 90°	16 dBi	Maestro	Fijo

Fuente: Elaborado en Base a los datos de las Radios

Para la ubicación de que cada estación nos basaremos de las coordenadas geográficas compuestas de la Latitud y Longitud.

Tabla 6: Coordenadas de estaciones de bombeo

POZO 2				PETARI			
Latitud	10°47'51.66"S	Elevación	4156 m	Latitud	10°45'52.2"S	Elevación	4167 m
Longitud	76°18'2.76"O			Longitud	76°17'3.7"O		
RESERVORIO				POZA DE FILTRACIONES			
Latitud	10°47'32.58"S	Elevación	4180 m	Latitud	10°47'16.66"S	Elevación	4149 m
Longitud	76°17'55.20"O			Longitud	76°17'19.70"O		
PILANCO				POZA DE FILTRACIONES			
Latitud	10°47'13.56"S	Elevación	4157 m	Latitud	10°47'16.66"S	Elevación	4149 m
Longitud	76°18'26.58"O			Longitud	76°17'19.70"O		
R4				CHANCADO PRIMARIO			
Latitud	10°45'13.88"S	Elevación	4161 m	Latitud	10°45'27.39"S	Elevación	4313
Longitud	76°17'41.86"O			Longitud	76°16'40.15"O		
R5							
Latitud	10°45'43.26"S	Elevación	4162 m				
Longitud	76°17'7.56"O						

Fuente: Elaborado en base a los datos de campo

5.1.4.1. Utilización del software radio Mobile

Para comprobar los enlaces inalámbricos y determinar todos los parámetros requeridos de un radio enlaces se ha utilizado el software Radio Mobile a continuación se mostrará toda la configuración de cada enlace.

Creación de los sistemas

Los sistemas se definen según los tipos de estaciones base y/o terminales remotos y antenas que fueron considerados para la implementación de la red inalámbrica ya mencionados en las especificaciones técnicas, los cuales son:

1. Sistema Estación Base RDL-3000 XP Ellipse con antena sectoriales de 90°. Nombre del sistema: SC 90
2. Sistema Terminal Remoto RDL-3000 XP OW con antena incorporada. Nombre del sistema: Connect OW.
3. Sistema Terminal Remoto RDL-3000 XP OW-ER con antena parabólica. Nombre del sistema: Connect ER.

En las siguientes figuras muestran los valores de los sistemas con los parámetros ajustados según los datos del proveedor Red Line.

Figura 22: Sistema para Estación Base RDL-3000 XP Elipse con antena

01	Seleccionar desde Radiosys01.dat		
Nombre del sistema	SC 90		
Potencia del Transmisor (Watt)	1.258925	(dBm)	31
Umbral del receptor (μ V)	50.1187	(dBm)	-73
Pérdida de la línea (dB)	0.5	(Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena	Antena Sectorial 90.ant	Ver	
Ganancia de antena (dBi)	15	(dBd)	12.85
Altura de antena (m)	8	(Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)	0	(Si la altura de la antena difiere)	
Agregar a Radiosys01.dat		Remover del Radiosys01.dat	

Fuente: Simulación en Radio Mobile

Figura 23: Sistema para Terminal Remoto RDL-3000 XP Connect OW con

01	Seleccionar desde Radiosys01.dat		
Nombre del sistema	Connect OW		
Potencia del Transmisor (Watt)	1	(dBm)	30
Umbral del receptor (μ V)	50.1187	(dBm)	-73
Pérdida de la línea (dB)	1	(Cable+cavidades+conectores)	
Tipo de antena	18.5dBi Antenna.ant	Ver	
Ganancia de antena (dBi)	19	(dBd)	16.85
Altura de antena (m)	4	(Sobre el suelo)	
Pérdida adicional cable (dB/m)	0	(Si la altura de la antena difiere)	
Agregar a Radiosys01.dat		Remover del Radiosys01.dat	

Fuente: Simulación en Radio Mobile

Figura 24: Sistema para Terminal Remoto RDL-3000 XP Connect OW -ER

The screenshot shows a configuration window for a remote terminal. At the top, there is a dropdown menu with '01' selected and a button labeled 'Seleccionar desde Radiosys01.dat'. Below this, the 'Nombre del sistema' field contains 'Connect ER'. The 'Potencia del Transmisor (Watt)' is set to '1' and '(dBm)' to '30'. The 'Umbral del receptor (µV)' is '50.1187' and '(dBm)' is '-73'. The 'Pérdida de la línea (dB)' is '0.5' with a note '(Cable+cavidades+conectores)'. The 'Tipo de antena' is 'Antena 28 .ant' with a 'Ver' button. The 'Ganancia de antena (dBi)' is '28' and '(dBd)' is '25.85'. The 'Altura de antena (m)' is '4' with a note '(Sobre el suelo)'. The 'Pérdida adicional cable (dB/m)' is '0' with a note '(Si la altura de la antena difiere)'. At the bottom, there are two buttons: 'Agregar a Radiosys01.dat' and 'Remover del Radiosys01.dat'.

Fuente: Simulación en Radio Mobile

5.1.4.2. Configuración de ENLACE E2-E3:

Como se muestra en la tabla 6 (Transmisores y antenas según enlaces) vemos que el enlace E2-E3 está conformado por las estaciones:

- Estación Pozo 2 (Estación 2).
- Estación Reservoirio (Estación 3)

Por lo tanto, definimos las coordenadas geográficas de las ambas estaciones como se muestra en la figura 25 y figura 26.

Figura 25: Coordenada geográfica Estación Pozo 2

Nombre	Est. 2 (Pozo 2)	Altitud (m)	4152
Posición	10°47'51.7\"S 076°18'02.8\"O		
Coordenadas	Latitud: 10° 47' 51.7\" S Longitud: 076° 18' 02.8\" O Latitud: -10.79768 Longitud: -76.30077 QRA: FH19UE		

Fuente: Simulación en Radio Mobile

Figura 26: Coordenada geográfica Estación Reservorio

Nombre	Est. 3 (Reservorio)	Altitud (m)	4173.6
Posición	10°47'32.6\"S 076°17'55.2\"O		
Coordenadas	Latitud: 10° 47' 32.6\" S Longitud: 076° 17' 55.2\" O Latitud: -10.79238 Longitud: -76.29867 QRA: FH19UE		

Fuente: Simulación en Radio Mobile

Definimos el rango de frecuencia de las estaciones, dato que se extrae de las especificaciones técnicas, así como los parámetros del clima y del terreno (Refractividad, de la superficie, conductividad del suelo, permitividad relativa al suelo) así como el modo estático.

Figura 27: Parámetros del enlace E2-E3

Nombre de la red: E2-E3

Frecuencia mínima (MHz): 5725

Frecuencia máxima (MHz): 5850

Refractividad de la superficie (Unidades-N): 301

Conductividad del suelo (S/m): 0.005

Permitividad relativa al suelo: 15

Polarización: Vertical Horizontal

Modo estadístico: Intento (% de tiempo: 75), Accidental (% de ubicaciones: 75), Móvil (% de situaciones: 75), Difusión (% de situaciones: 75)

Clima: Ecuatorial, Continental sub-tropical, Marítimo sub-tropical, Desierto, Continental templado, Marítimo templado sobre la tierra, Marítimo templado sobre el mar

Fuente: Simulación en Radio Mobile

Luego se procede definiendo los miembros del enlace E2-E3 como son la estación Pozo 2 y la Estación Reservorio.

Figura 28: Estación Pozo 2 Como miembro del enlace E2-E3

Lista de todas las unidades:

- Est. 1 (Pilanco)
- Est. 2 (Pozo 2)
- Est. 3 (Reservorio)
- Est. 4 (Filtaciones)
- Est. 5 (Recirculacio)
- Est. 6 (R5)
- Est. 7 (R4)
- Est. 8 (Chancado I)
- Est. Repetidora
- Est. 9 (PETARI)
- Unidad 11
- Unidad 12
- Unidad 13
- Unidad 14
- Unidad 15
- Unidad 16
- Unidad 17
- Unidad 18
- Unidad 19

Miembro de E2-E3

Rol de Est. 2 (Pozo 2)

Nodo: [dropdown]

Sistema: Connect OW

Altura de antena (m): Sistema (4), Otro (0.5)

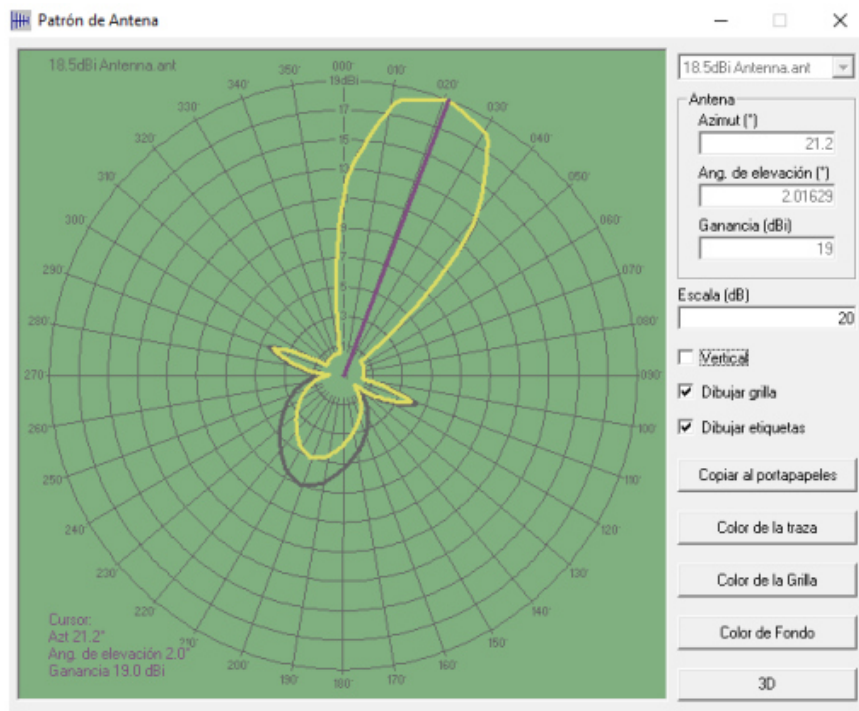
Dirección del antena: Est. 3 (Reservorio)

Azimut (°): 21.2, Ang. de elevación (°): 2.016294

Ver patrón

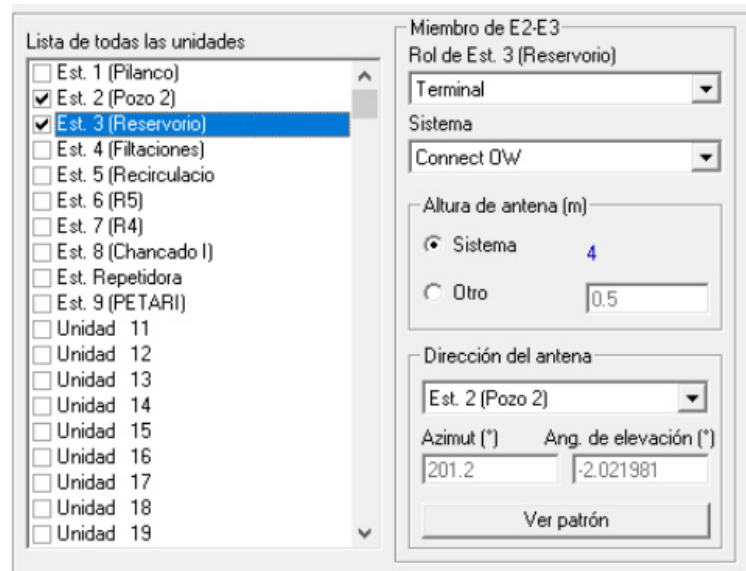
Fuente1: Simulación en Radio Mobile

Figura 29: Patrón antena Estación Pozo 2 (RDL3000 XP Connect OW 19 dBi –antena interna)



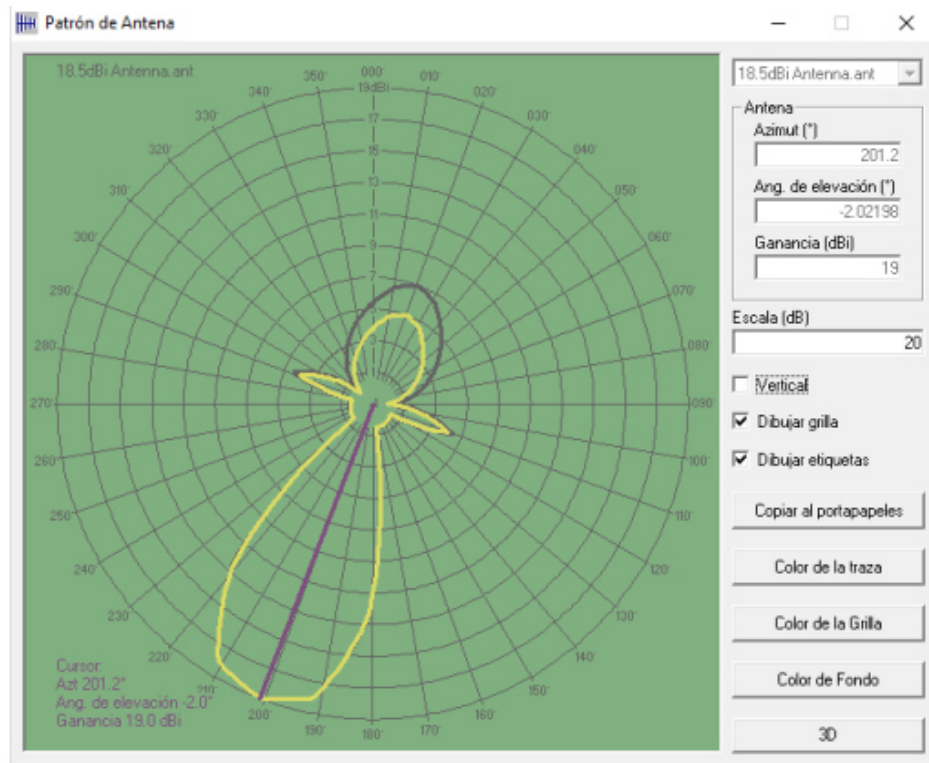
Fuente: Simulación en Radio Mobile

Figura 30: Estación Reservorio como miembro del enlace E2-E3



Fuente: Simulación en Radio Mobile

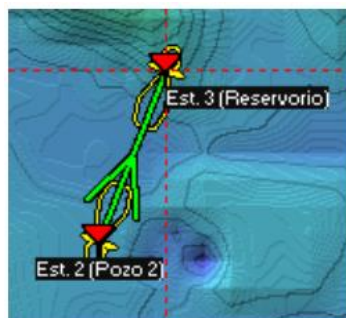
Figura 31: Patrón antena Estación Reservorio (RDL3000 XP Connect OW 19 dBi – antena interna)



Fuente: Simulación en Radio Mobile

Luego de cargar todos los valores y parámetro del radio enlaces procedimos a correr el enlace

Figura 32: Enlace estación Pozo 2 – estación Reservorio simulado

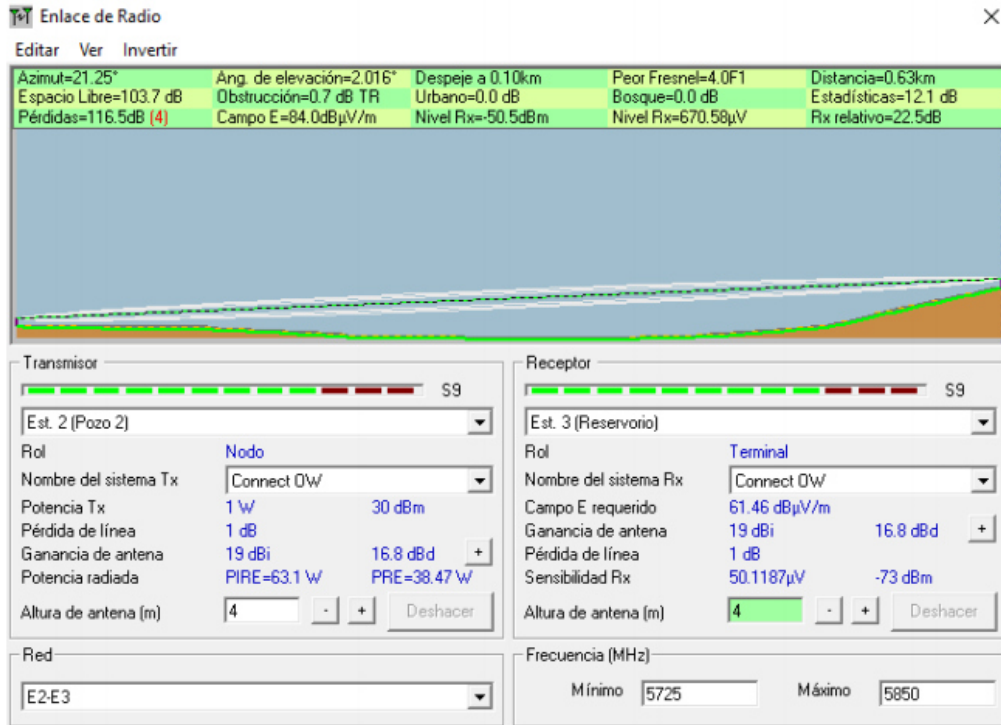


Fuente: Simulación en Radio Mobile

Como se ve en la figura anterior se muestra los patrones de las antenas, así como una línea verde indica que el enlace es óptimo y por ende existe comunicación entre ambos terminales remotos.

Los resultados luego de correr el radio enlace arroja los siguientes valores que se detallan en la figura siguiente:

Figura 33: Resultados radio enlace estación Pozo 2 – estación Reservoirio



Fuente: Simulación en Radio Mobile

Figura 34: Radio enlace estación Pozo 2 – estación Reservoirio



Fuente: Realizado en Google Earth

5.1.4.3. Configuración de modo PMP SC en Equipos Connect – OW

Para los equipos POZO_02_02 y RESERVORIO, sólo tendrán (01) equipo registrado. Primero fuimos a la pestaña System y empezamos a ingresar la información requerida; en este caso para fines prácticos, configuramos el equipo que se encuentra en RESERVORIO.

Figura 35: Configuración de Red Line



Fuente: Software Red Line Communications

Ingresamos los siguiente Datos en System Identification:

Figura 36: System Identification

System Identification	
System Name	ZONA_02
System Details	RESERVORIO
System Location	EL_BROCAL
Contact	PROYINCA_SAC

Fuente: Software Red Line Communications

Segundo, configuramos nuestra red en Basic Network configuration:

Figura 37: Network Configuration

Basic Network Configuration	
DHCP Enable	<input type="checkbox"/>
IP Address	<input type="text" value="10.10.51.31"/>
IP Subnet Mask	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
Default Gateway Address	<input type="text" value="10.10.51.30"/>
Ethernet Mode:	<input type="text" value="Auto"/>

Fuente: Software Red Line Communications

En las configuraciones avanzadas se dejaron tal como se muestra en la pantalla

Figura 38: Advanced Congurations

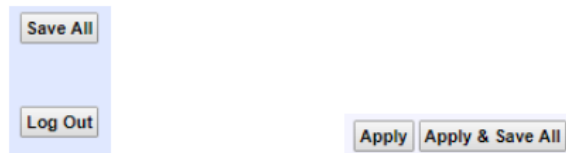
Advanced System Configuration	
Secure Mode Enable	<input type="checkbox"/>
SNTP Enable	<input type="checkbox"/>
Time Zone (GMT) [hh:mm]	<input type="text" value="+0:00"/>
SysLog Enable	<input type="checkbox"/>
HTTP Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
HTTPS Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Telnet Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Telnet Port	<input type="text" value="23"/>
SSH Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
SNMP Enable	<input type="text" value="V2"/>
Management VLAN Tagging Enable	<input type="checkbox"/>
User Authentication	<input type="text" value="Local Only"/>

Advanced Network Configuration	
Wireless LLDP Packet Filtering	<input type="checkbox"/>
Rapid Path	<input checked="" type="checkbox"/>
VLAN Filtering	<input type="checkbox"/>

Fuente: Software Red Line Communications

Para culminar esta fase presionamos en Aplicar y Salvar todo, luego en salvar todo; esperamos unos momentos y ya no nos dejará ingresar a la plataforma.

Figura 39: Configuraciones Salvar y Aplicar

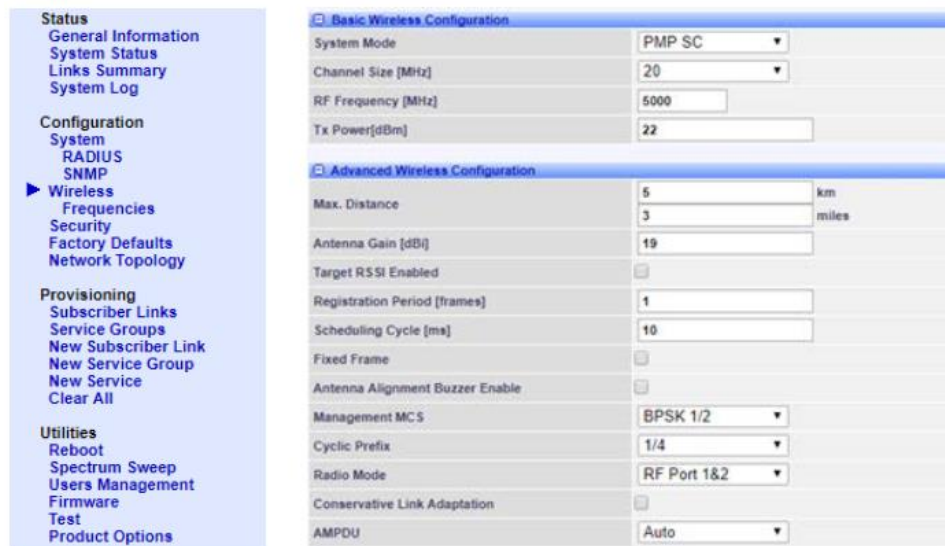


Fuente: Software Red Line Communications

Nuestro equipo ya no estaba en el mismo rango o familia de nuestra laptop, por lo tanto, configuramos nuestra IP y máscara subred al rango de nuestra radio; por ejemplo 10.10.51.80 y máscara de subred 255.255.255.0. Luego de esto ingresamos nuevamente del explorador para ingresar a nuestras radios, con la nueva IP configurada. El nombre de usuario y contraseña se mantuvieron, ya que no han sido configuradas.

Ahora que ya estábamos en la plataforma, procedimos a configurar los equipos en Modo PMP SC, para ello vamos a Wireless y en Modo de Sistema (system Mode) seleccionamos PMP SC, y nos aparecerá la pestaña Provisioning.

Figura 40: Configuración de Modo PMP SC



Fuente: Software Red Line Communications

Llenamos el formulario de acuerdo con la información que se tiene del enlace, como es la frecuencia, potencia, distancia a nuestro enlace, la ganancia de la antena (19dbi), etc. (la información se encuentra en la imagen).

Consideramos que la información varía de acuerdo con nuestra información de nuestro estudio de campo. De igual forma, guardamos los cambios presionando en Aplicar y salvar todo, luego en salvar todo; esperamos unos momentos para pasar a la siguiente etapa.

Ahora inscribimos en nuestro equipo en Modo PMP SC a los equipos que se usaran en Modo PMP SS, y que forman parte de nuestra Zona; para ello fuimos a la pestaña New Subscriber Links y colocamos el nombre de nuestra Zona y la MAC del equipo con que se enlazará. Tenemos opciones de DL y UL, modo de operación y modo de RF.

Para tener los valores mínimos y máximos activamos el Modo MIMO A/B y RF Port 1&2, ya que nuestras radios tienen doble puerto de emisión de radiofrecuencia. Toda la información se muestra en la imagen.

Figura 41: Configuración de Modo de Operacion

Basic Subscriber Link Configuration	
Link Type	Normal Link ▼
Subscriber Link Name	ZONA_02
Link ID	4
Subscriber MAC	00:09:02:16:8E:47

Advanced Subscriber Link Configuration	
Adaptive Modulation	<input checked="" type="checkbox"/>
Downlink PIR [50..100000 kb/s]	50000
Uplink PIR [50..100000 kb/s]	50000
Max. DL Burst Rate (MCS)	168 Mb/s (256QAM7/8 MIMO-B) ▼
Max. UL Burst Rate (MCS)	168 Mb/s (256QAM7/8 MIMO-B) ▼
Min. DL Burst Rate (MCS)	6 Mb/s (BPSK1/2 MIMO-A) ▼
Min. UL Burst Rate (MCS)	6 Mb/s (BPSK1/2 MIMO-A) ▼
Scan Threshold Enable	<input type="checkbox"/>
Stickiness Timer [0..600 s]	15
Operating Mode	MIMO A/B ▼
RF Mode	RF Port 1&2 ▼

Apply

Fuente: Software Red Line Communications

Siempre culminamos Aplicando (Apply) y Salvando todo (Save All). Registrado ya nuestro equipo en Modo PMP SS, ahora procedimos creando un grupo, y para ello ingresamos en New Service Group, y creamos un Grupo denominado Z_02, por ejemplo, para nuestro equipo PMP SC de RESERVORIO, y llenamos la información tal como se muestra en la imagen.

Figura 42: Asignación de Grupo

Basic Service Group Configuration	
Service Group Name	Z_02
Service Group ID	128
VLAN Tagging	Pass through
Default 802.1p Tag	0

Advanced Service Group Configuration	
SC Ethernet Port Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
SS to SS Broadcast/Multicast Enable	<input type="checkbox"/>
Burst rate (MCS)	Auto
DL Bcast/Mcast CIR [10..50000 kb/s]	500
DL Bcast/Mcast PIR [10..100000 kb/s]	500
Operating Mode	MIMO A/B

Apply

Fuente: Software Red Line Communications

Siempre culminamos Aplicando y Salvando todo. Por último, se procedió a crear un Servicio denominado RESERVORIO e indicamos a que Subscriber Link y Service Group pertenecerá.

Figura 43: Asignación de Servicio

Basic Subscriber Service Configuration	
Subscriber Service Name	RESERVORIO
Subscriber Service ID	160
Parent Subscriber Link	ZONA_02
Parent Service Group	Z_02
VLAN Tagging	Pass through
Default 802.1p Tag	0

Advanced Subscriber Service Configuration	
DL CIR [10..100000 kb/s]	4000
UL CIR [10..100000 kb/s]	4000
DL PIR [10..100000 kb/s]	5000
UL PIR [10..100000 kb/s]	5000

Apply

Fuente: Software Red Line Communications

Para los demás puntos seguimos los mismos pasos de New Subscriber Links y agregamos el equipo con un nombre y una MAC, y creamos un New Service, que estará en el mismo grupo.

5.1.4.4. Configuración de modo PMP SC en equipos Connect – OW

Para los equipos Modo PMP SS sólo se configuro en Modo PMP SS en System Mode y se consideró la frecuencia de la Zona de cobertura, frecuencia, potencia y ganancia de la antena (19 dbi).

Figura 44: Configuración Modo PMP SC

The screenshot displays the 'Wireless Configuration' interface, divided into two sections: 'Basic Wireless Configuration' and 'Advanced Wireless Configuration'. The 'Basic' section includes fields for System Mode (set to PMP SS), Channel Size (20 MHz), Auto Frequency Scan (Rescan button), RF Frequency (5000 MHz), Tx Power (22 dBm), and STID/Password fields. The 'Advanced' section includes Antenna Gain (19 dBi), Link Stickiness Time (0 seconds), Antenna Alignment Buzzer Enable (checkbox), Cyclic Prefix (1/4), Radio Mode (RF Port 1&2), and Conservative Link Adaptation (checkbox). At the bottom, there are 'Apply' and 'Apply & Save All' buttons.

Wireless Configuration	
Basic Wireless Configuration	
System Mode	PMP SS
Channel Size [MHz]	20
Auto Frequency Scan	<input type="checkbox"/> Rescan
RF Frequency [MHz]	5000
Tx Power[dBm]	22
STID	
STID Password	
Advanced Wireless Configuration	
Antenna Gain [dBi]	19
Link Stickiness Time [Seconds]	0
Antenna Alignment Buzzer Enable	<input type="checkbox"/>
Cyclic Prefix	1/4
Radio Mode	RF Port 1&2
Conservative Link Adaptation	<input type="checkbox"/>
Apply Apply & Save All	

Fuente: Software Red Line Communications

Siempre culminamos Aplicando (Apply) y Salvando todo (Save All). Claro está, que previamente configuramos System identification y Basic Network configuration, además de las opciones avanzadas, esto se muestra al inicio de la configuración del MODO PMP SC en el presente documento.

5.1.4.5. MODO PMP SC en equipos RDL - 3000 XP ELLIPSE en chancadora y repetidora

Para estos equipos se realizamos la misma configuración de los Equipos de MODO PMP SC en el presente documento, a diferencia que tendrán varios equipos en Modo PMP SS suscritos al equipo en Modo PMP SC, y para ser configurados deberán ser conectados correctamente los accesorios de montaje del equipo. La ganancia por considerar de la antena será de 29 dbi.

5.1.4.6. MODO PMP SS en equipo Connect - OW - ER en chancadora

Para este equipo realizamos la misma configuración de los equipos en Modo PMP SS en el presente documento, ya que será suscrito al equipo en Modo PMP SC de REPETIDORA, y para ser configurados deberán ser conectados correctamente los accesorios de montaje del equipo. La ganancia para considerar de la antena será de 29 dbi

5.1.4.7. Estudio de Latencia:

Para fines prácticos, se analizó la Latencia a cada Terminal inalámbrico de nuestra red instalada desde el servidor de la red telemétrica. Para ello se ingresó a la consola de Windows y se hizo uso del comando “ping” para cada radio de la red.

ZONA_01: La figura 41 muestra un resultado de las pruebas de latencia que se efectuaron al total de estaciones, sientio en todas ellas menos a 4ms de tiempo de respuesta.

Figura 45: Latencia del Servidor Al PLC de POZO 02 y PILANCO

```
Command Prompt - ping 10.10.51.21 -t
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.51.21: bytes=32 time=2ms TTL=128

Command Prompt - ping 10.10.51.11 -t
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=7ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.10.51.11: bytes=32 time=4ms TTL=128
```

Fuente: Ping enviado desde Ordenador a PLC en campo

5.1.3. Desarrollo de lógica de control en PLC

Para realizar la lógica de control se debe de normar la filosofía con la cual se hará la programación, debido a esto se realizó una filosofía para nuestras estaciones de bombeo.

5.1.3.1. Filosofía de Control

Las estaciones comprenden el control del arranque y parada de bombas

El control está basado en un PLC Micro Logix 1100, el cual a través de sus entradas digitales podrá leer el estado de los dispositivos que controlan el arranque y parada de los motores y a través de sus salidas digitales podrá comandar el arranque y parada de los motores.

Las estaciones poseen un sensor de Nivel con TAG LIT-XXX, el cual podrá medir el nivel de agua y a través de un lazo de control comandar el arranque y parada en modo automático.

a) **General**

El sistema de Control basado en el PLC deberá gobernar el arranque y parada de las bombas solo en el modo Automático, el modo Manual será operado desde el ECL ubicado en cada CCM.

b) **Sistema de Control**

El sistema de control de cada bomba buscará controlar y proteger a los motores durante su operación, para esto se considerará lo siguiente:

- **Interlocks de Seguridad**

M00x_FLT_IO/ Falla, esta señal ingresa por cableado duro a una de las entradas digitales del controlador Micro Logix 1100, proviene de un arreglo que engloba otros interlocks como PE, OL y etc., genera parada y bloqueo para el sistema de control.

- **Interlocks de Proceso**

M00x_JI_IO/ Energizado, esta señal ingresa por cableado duro a una de las entradas digitales del controlador Micrologix 1100, contacto que indica que el Sistema de fuerza se encuentra habilitado para la operación del motor, genera parada y bloqueo para el sistema de control.

M00x_MM/ Descoordinado, esta señal se genera en la lógica de control del PLC Micro Logix 1100, genera parada y bloqueo para el sistema de control.

LALL-001 / Nivel muy Bajo, esta señal se genera en la lógica de control del PLC Micro Logix 100, genera parada y bloqueo para el sistema de control.

c) Modos de Operación

Para la operación de las estaciones R4 y R5, en condiciones de operación normal, se tiene dos modos de operación, modo Manual (ECL) y Automático desde el Sistema de Control PLC (Lazo de control).

- **Modo Manual.**

Operado desde la Estación de Control Local ubicado en el gabinete de fuerza (CCM), permite a través de lógica cableada encender las bombas, este modo opera de forma aislada eléctricamente del PLC.

- **Modo Automático – Secuencia**

Operado desde el lazo de control ON – OFF de nivel, de acuerdo con los setos establecidos para el arranque o parada, considerar el siguiente cuadro:

Tabla 7. Condiciones de operación para estación de bombeo

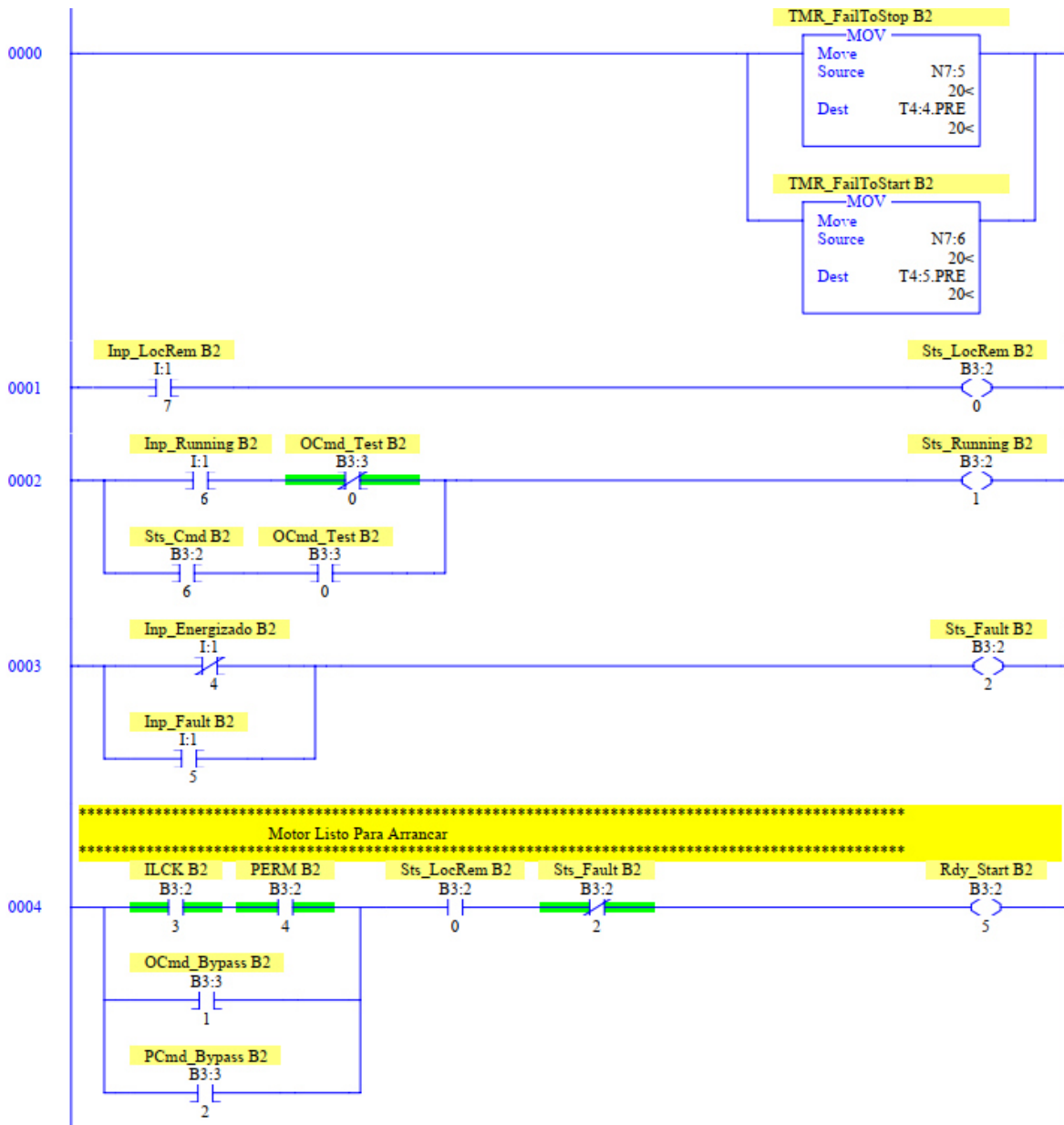
Nivel %	Bomba 01	Bomba 02	Bomba 03	Bomba 04	Bomba 05
<= 50 %	M001-RC-IO = 0	M002-RC-IO = 0	M003-RC-IO = 0	M004-RC-IO = 0	M005-RC-IO = 0
Rango 50 - 60	M001-RC-IO = 1	M002-RC-IO = 0	M003-RC-IO = 0	M004-RC-IO = 0	M005-RC-IO = 0
Rango 60 - 70	M001-RC-IO = 1	M002-RC-IO = 1	M003-RC-IO = 0	M004-RC-IO = 0	M005-RC-IO = 0
Rango 70 - 80	M001-RC-IO = 1	M002-RC-IO = 1	M003-RC-IO = 1	M004-RC-IO = 0	M005-RC-IO = 0
Rango 80 - 90	M001-RC-IO = 1	M002-RC-IO = 1	M003-RC-IO = 1	M004-RC-IO = 1	M005-RC-IO = 0
Rango 90 - 100	M001-RC-IO = 1	M002-RC-IO = 1	M003-RC-IO = 1	M004-RC-IO = 1	M005-RC-IO = 1

Fuente: Desarrollado en campo con operador de estación

5.1.3.2. Lógica de Control en PLC

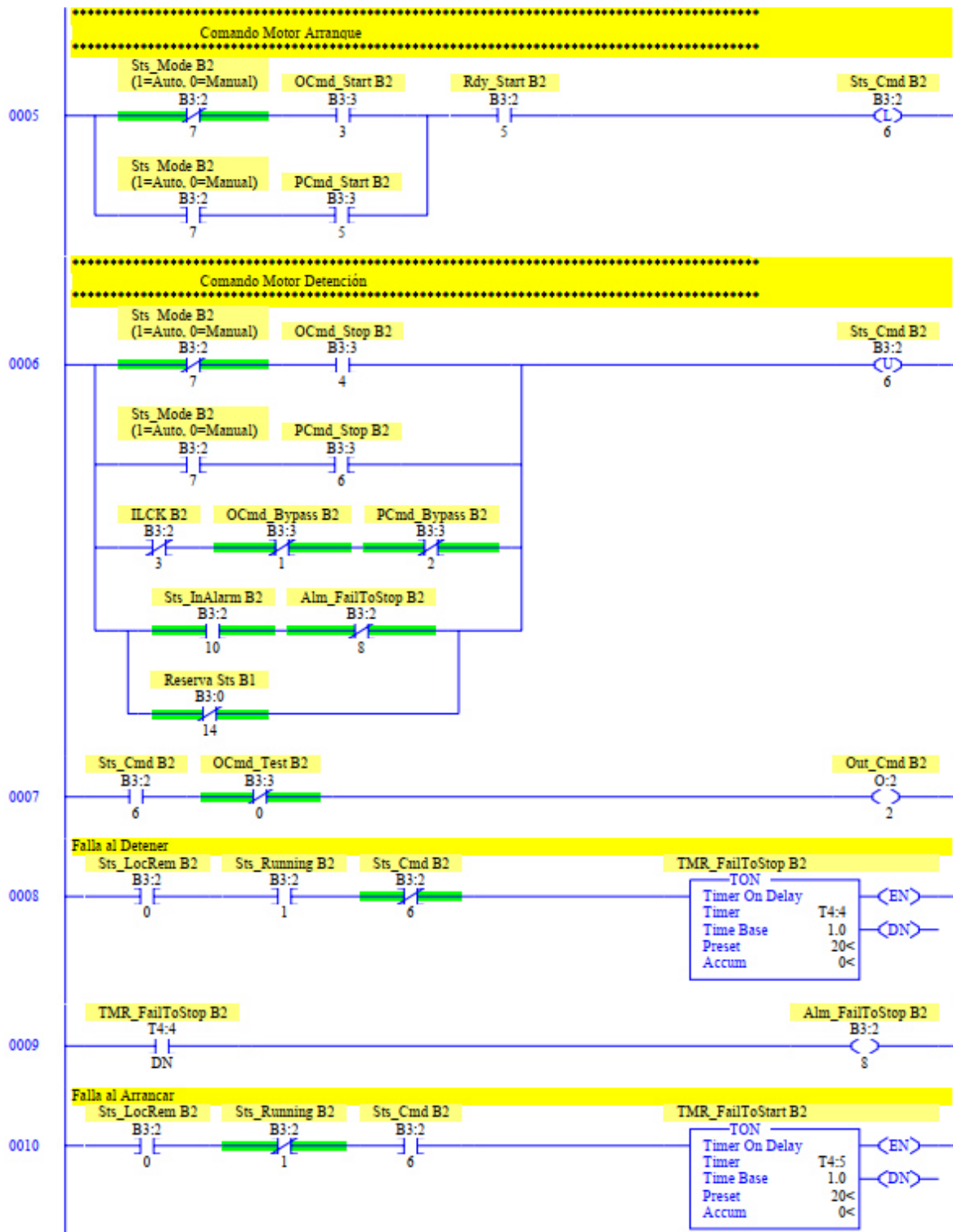
El desarrollo de la lógica se realizó en base a la filosofía de control y para su desarrollo se usó el programa RSLogix Emúlate 500.

Figura 46: Lógica de Control de Bomba 1 de R5 parte 1



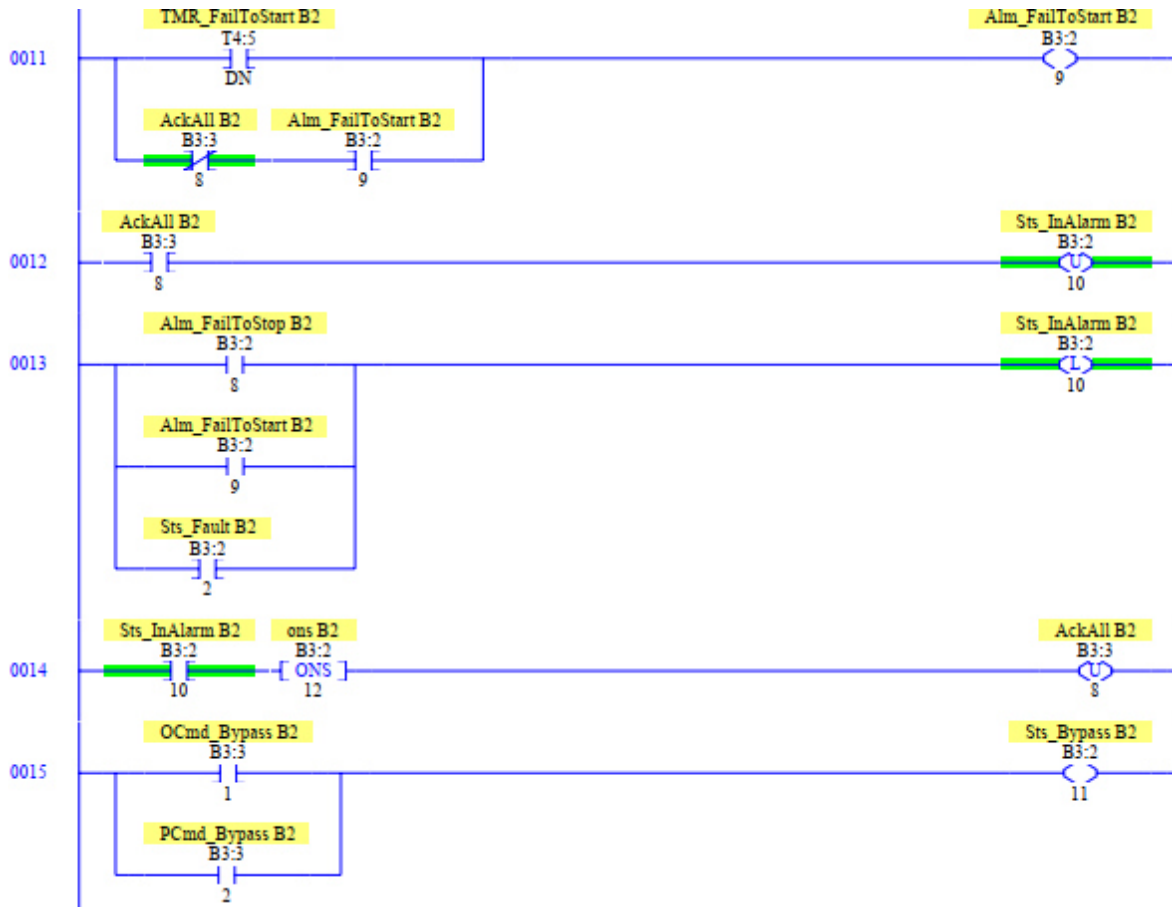
Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Figura 47: Lógica de Control de Bomba 1 de R5 parte 2



Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Figura 48: Lógica de Control de Bomba 1 de R5 parte 3

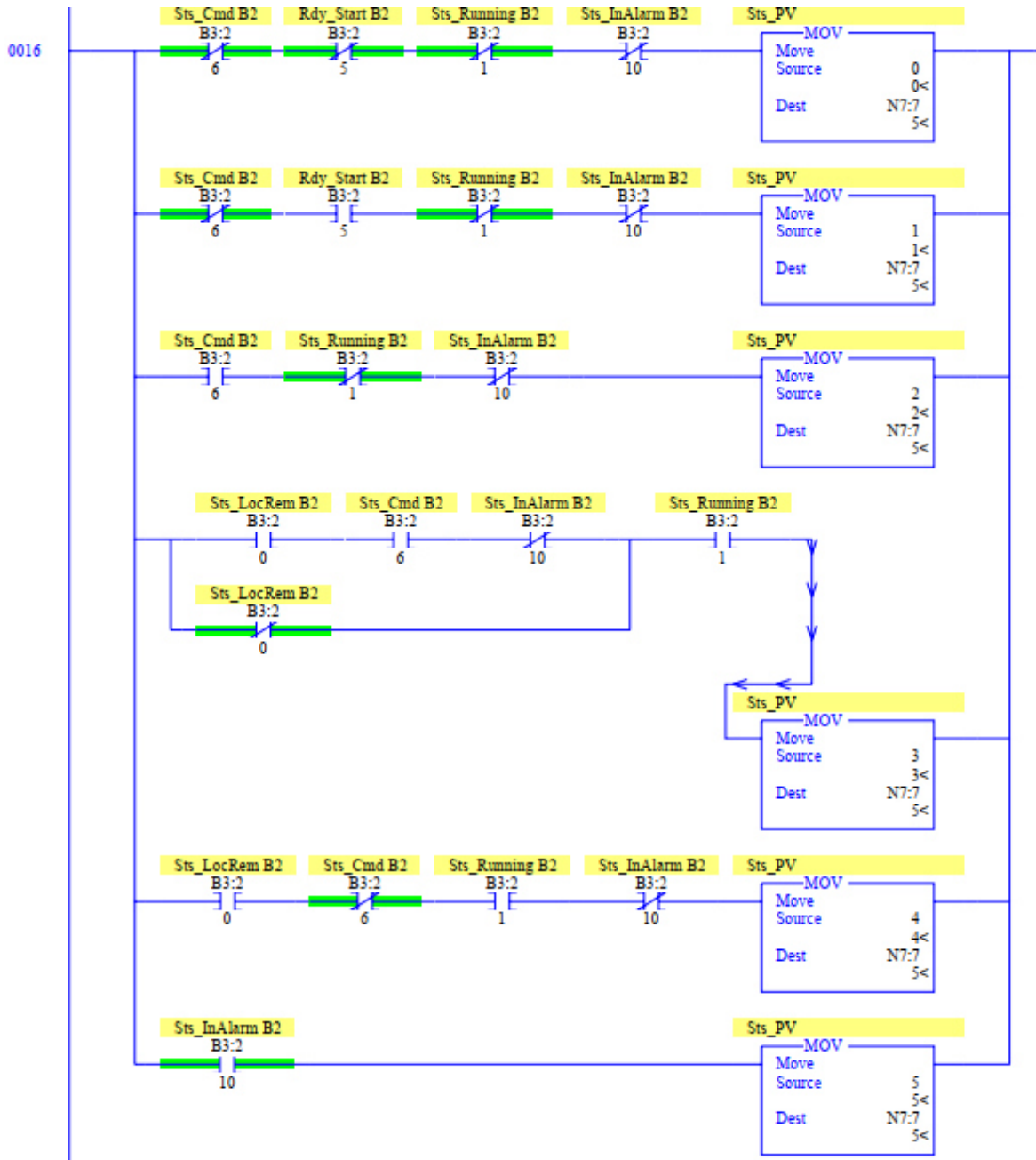


Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Las figuras 46,47 y 48 representan el sistema de arranque para cada bomba la cual cuenta con:

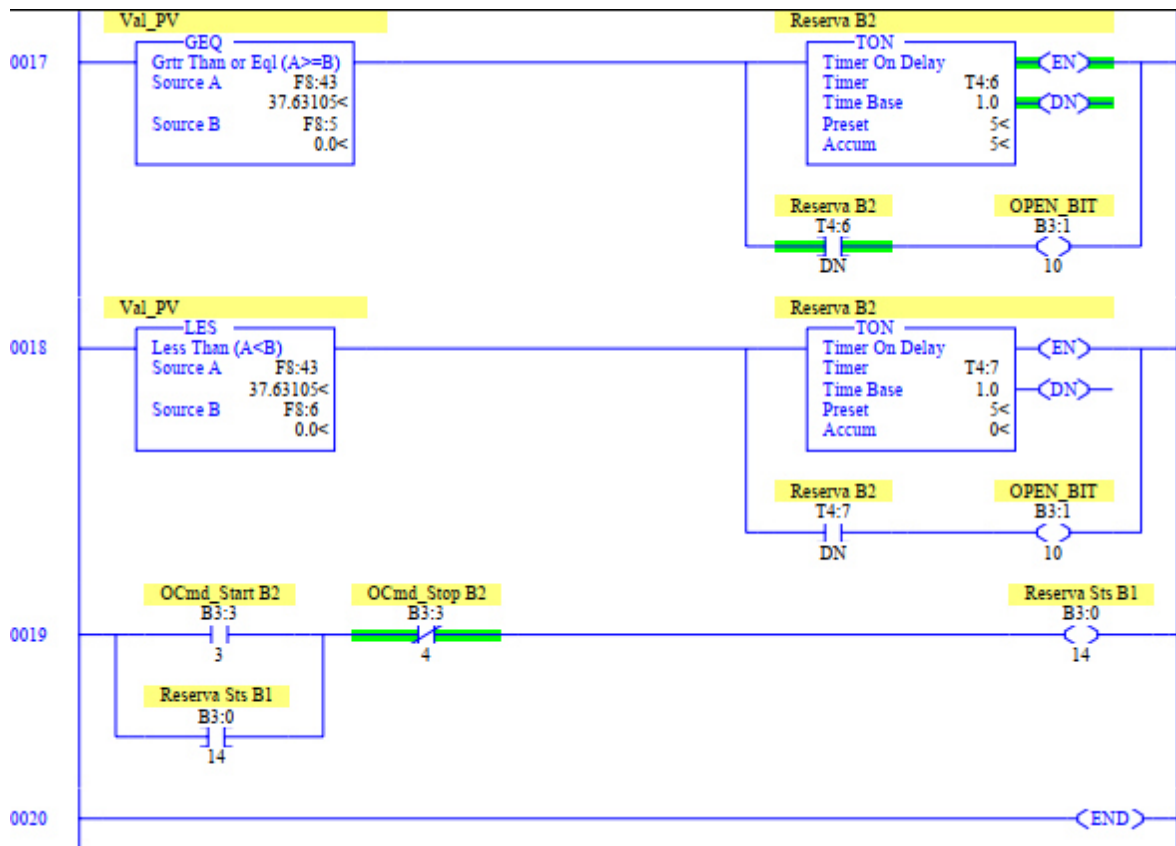
- Condiciones y permisivos de arranque de la bomba de cada estación representados por la señal Rdy_Start en la línea de programación 004
- Comando de arranque del motor representada en la línea de programación 005 la cual muestra los comandos de arranque tanto cuando el sistema está en modo local como en modo remoto.
- Comando de detención del Motor representada en la línea de programación 006 la cual muestra los comandos de detención del motor tanto en local como en remoto así también los interlock de equipo, proceso y seguridad.

Figura 49: Lógica de Control de Bomba 1 de R5 parte 4



Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Figura 50: Lógica de Control de Bomba 1 de R5 parte 5

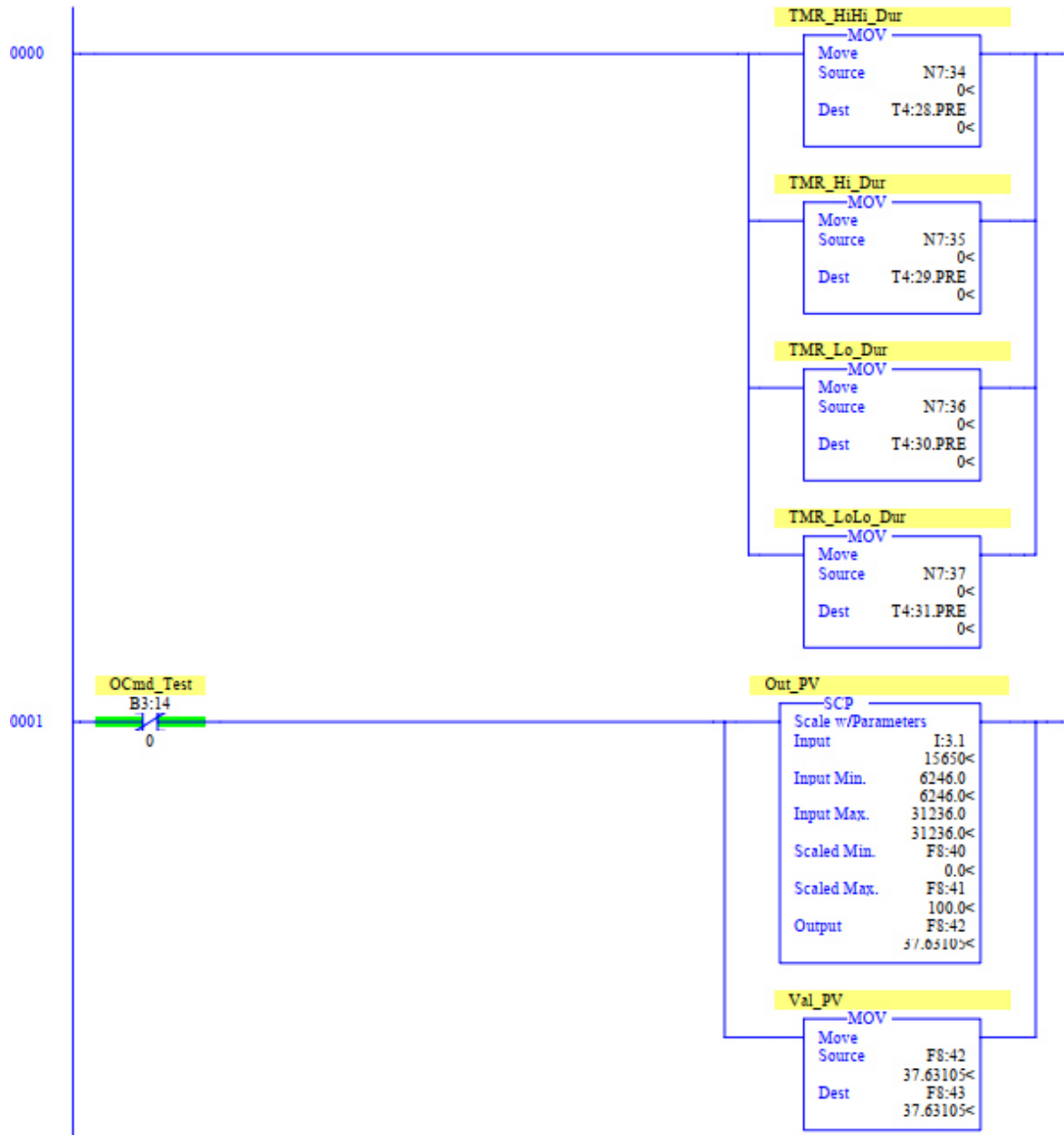


Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Las figuras 49 y 50 representan el sistema de arranque para cada bomba en base a las condiciones de nivel.

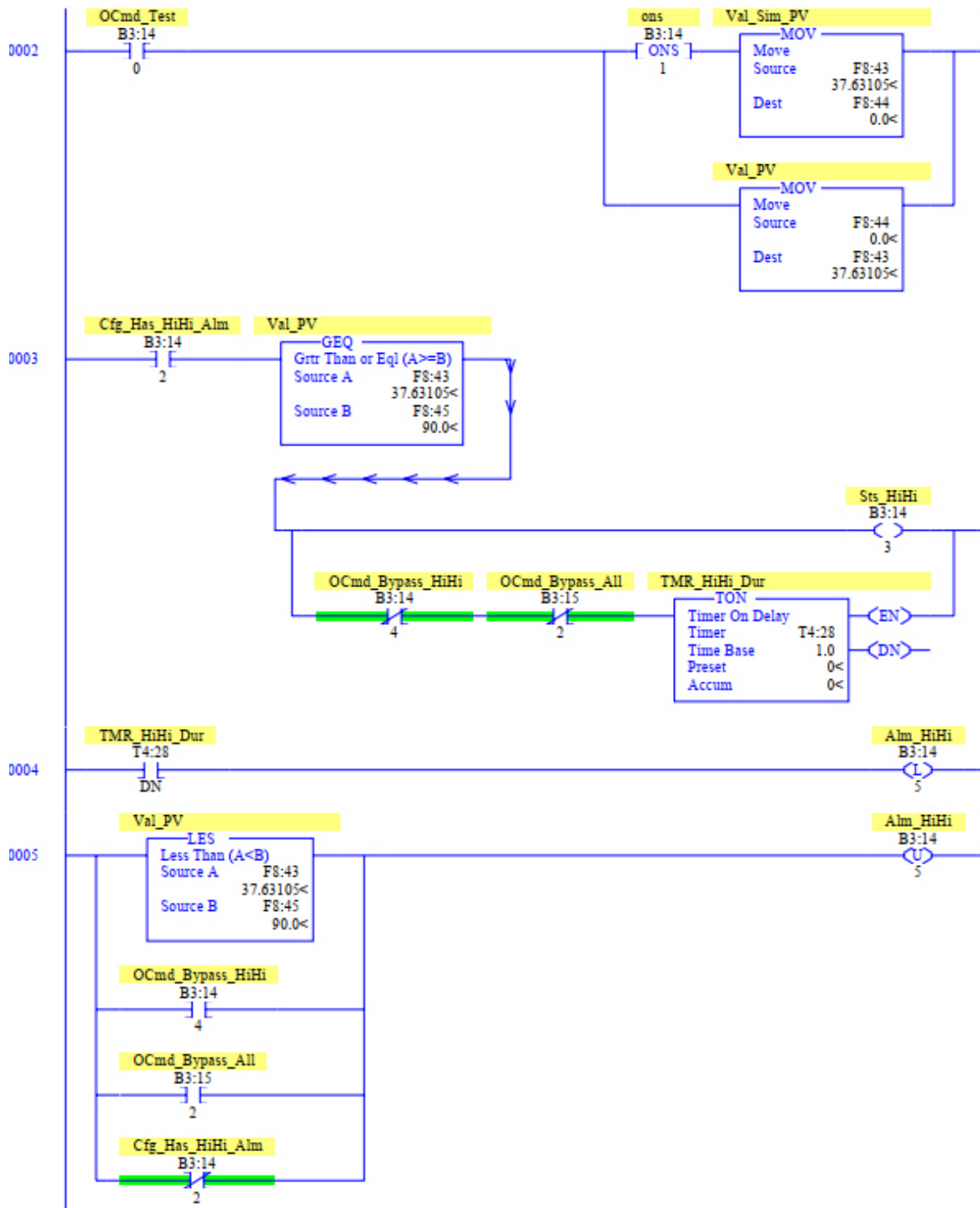
- Cuando la señal de nivel sobrepasa el valor deseado hace un comparativo de variables decidiendo de forma automática cuantas bombas arrancar.

Figura 51: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 1



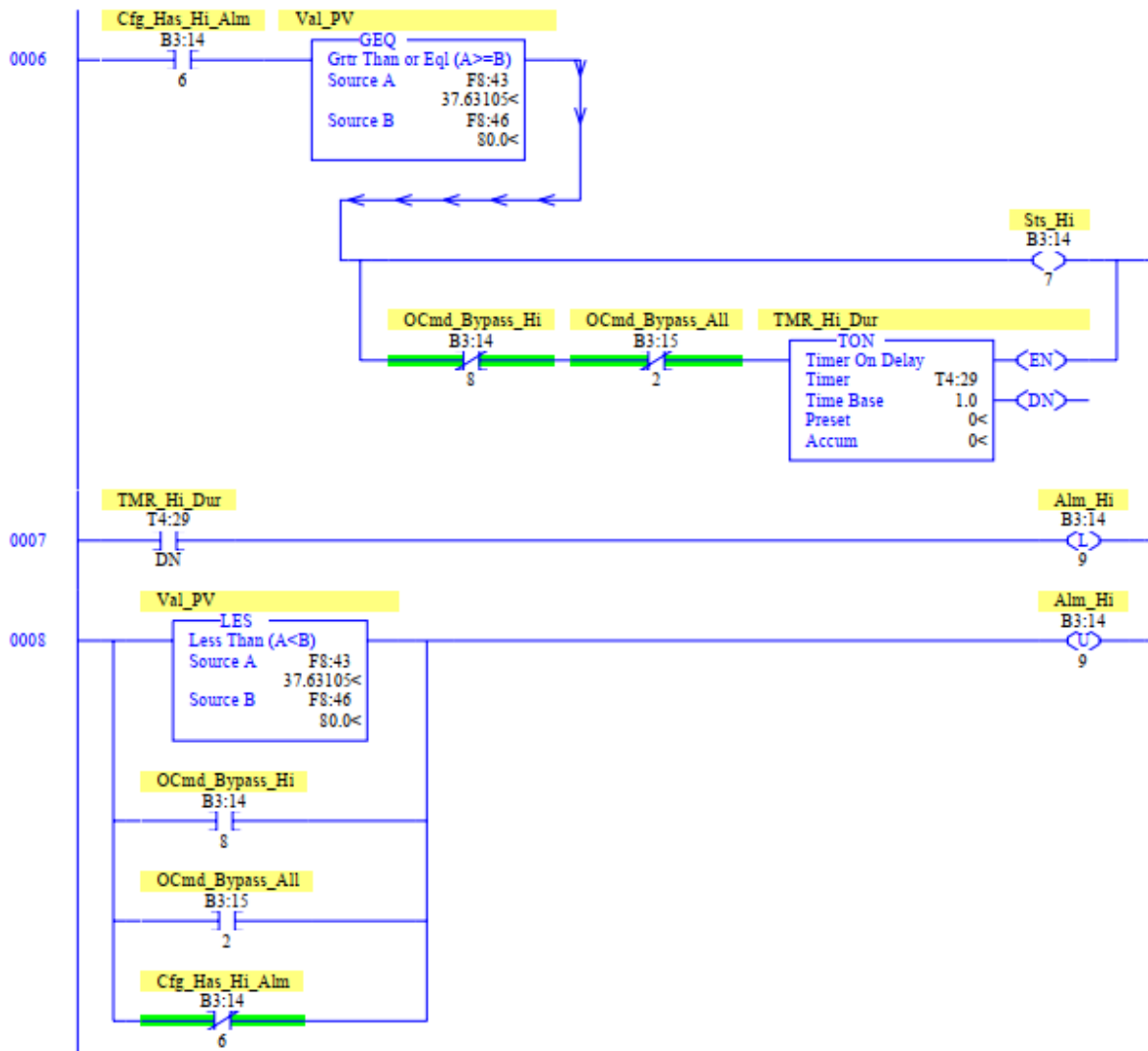
Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Figura 52: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 2



Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

Figura 53: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 3

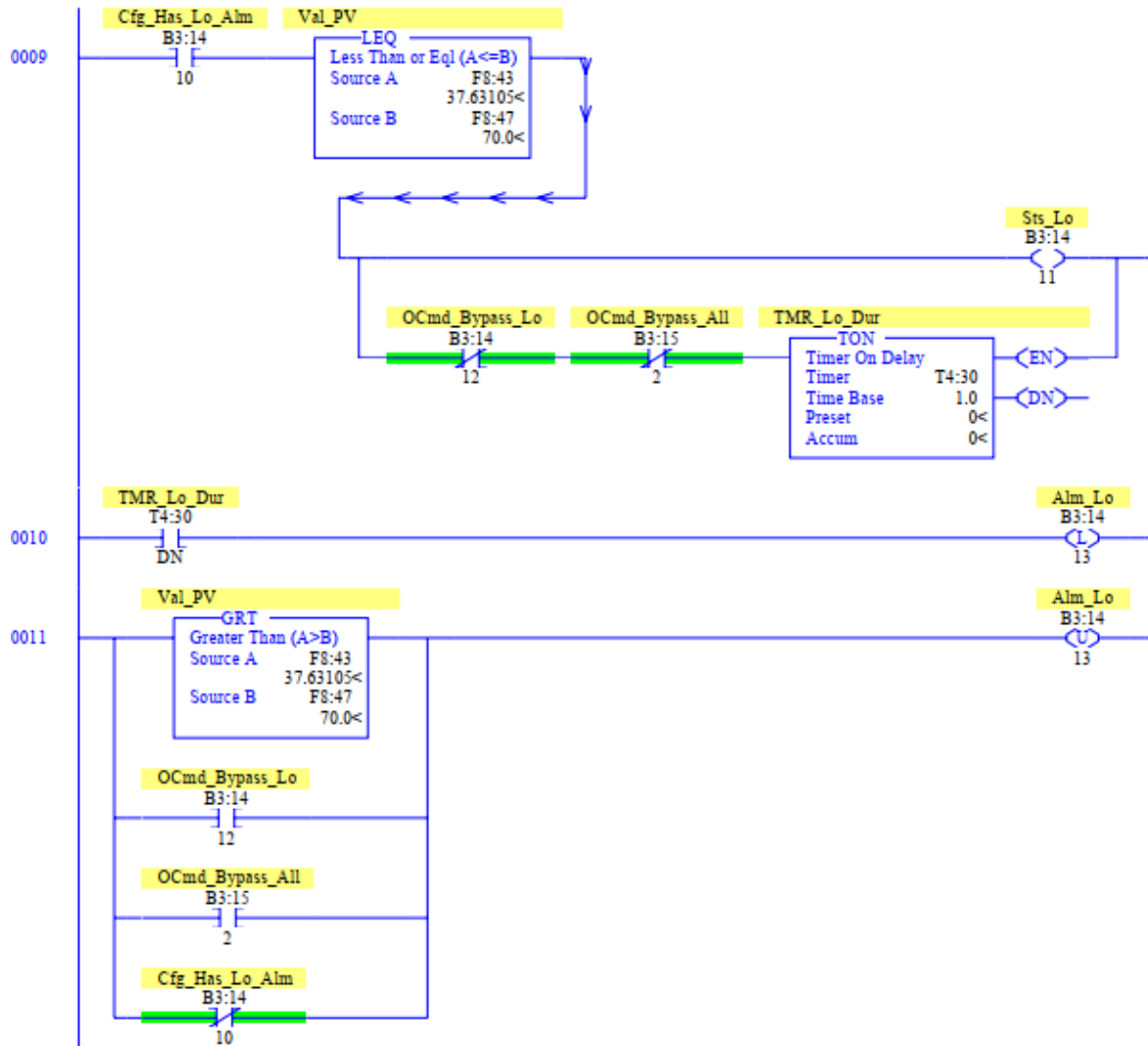


Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

La figura 52 muestra el escalamiento de variable para el sensor de nivel que envía señal en 4...20mA y es leído en reales en el PLC como 6246 = 0mA y 31236= 20mA.

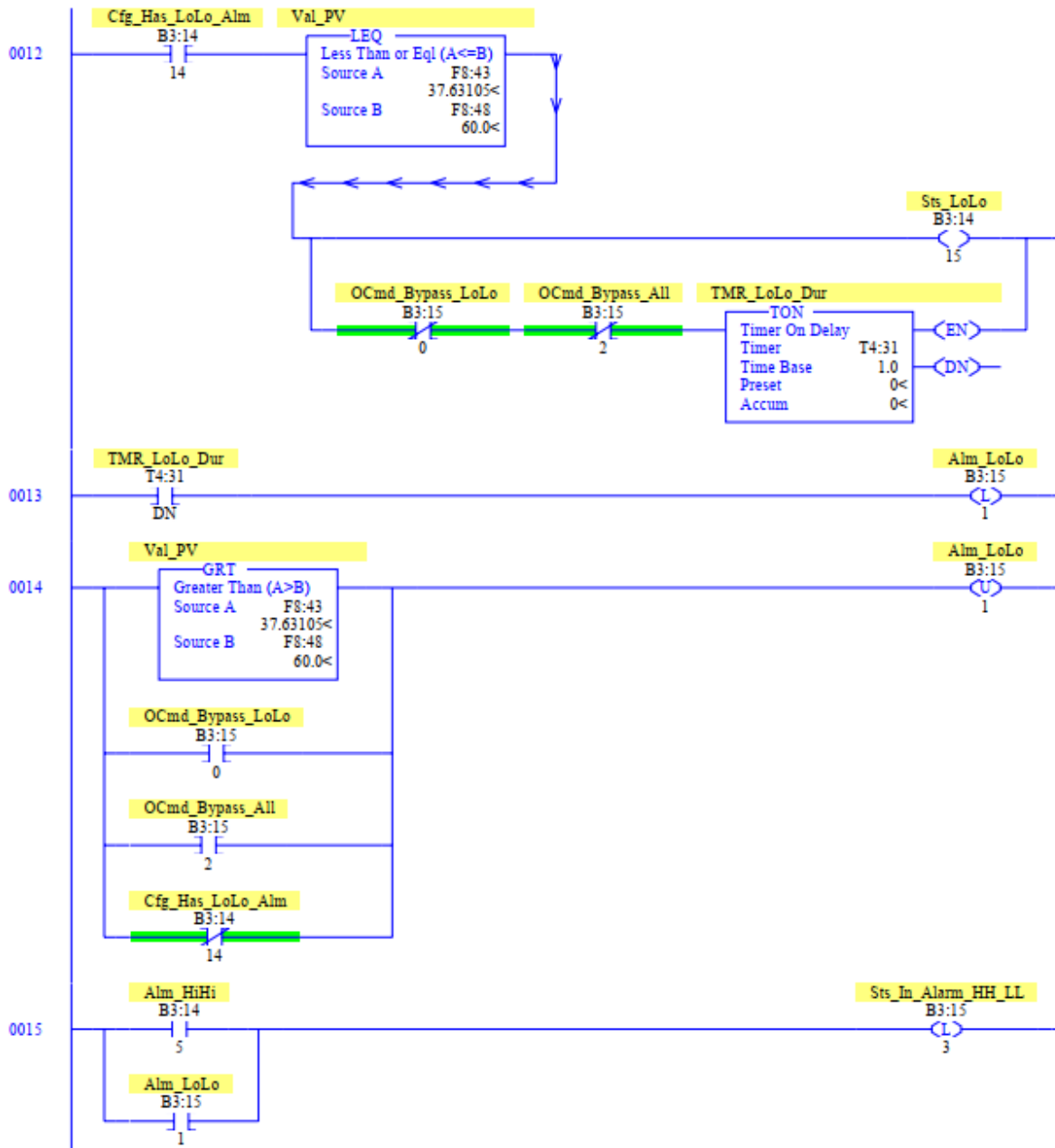
- Para el escalamiento usamos el bloque de programación SCP el cual nos permitió representar el 6246 como un 0% de nivel y el 31236 como un 100% de nivel.

Figura 54: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 4



Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

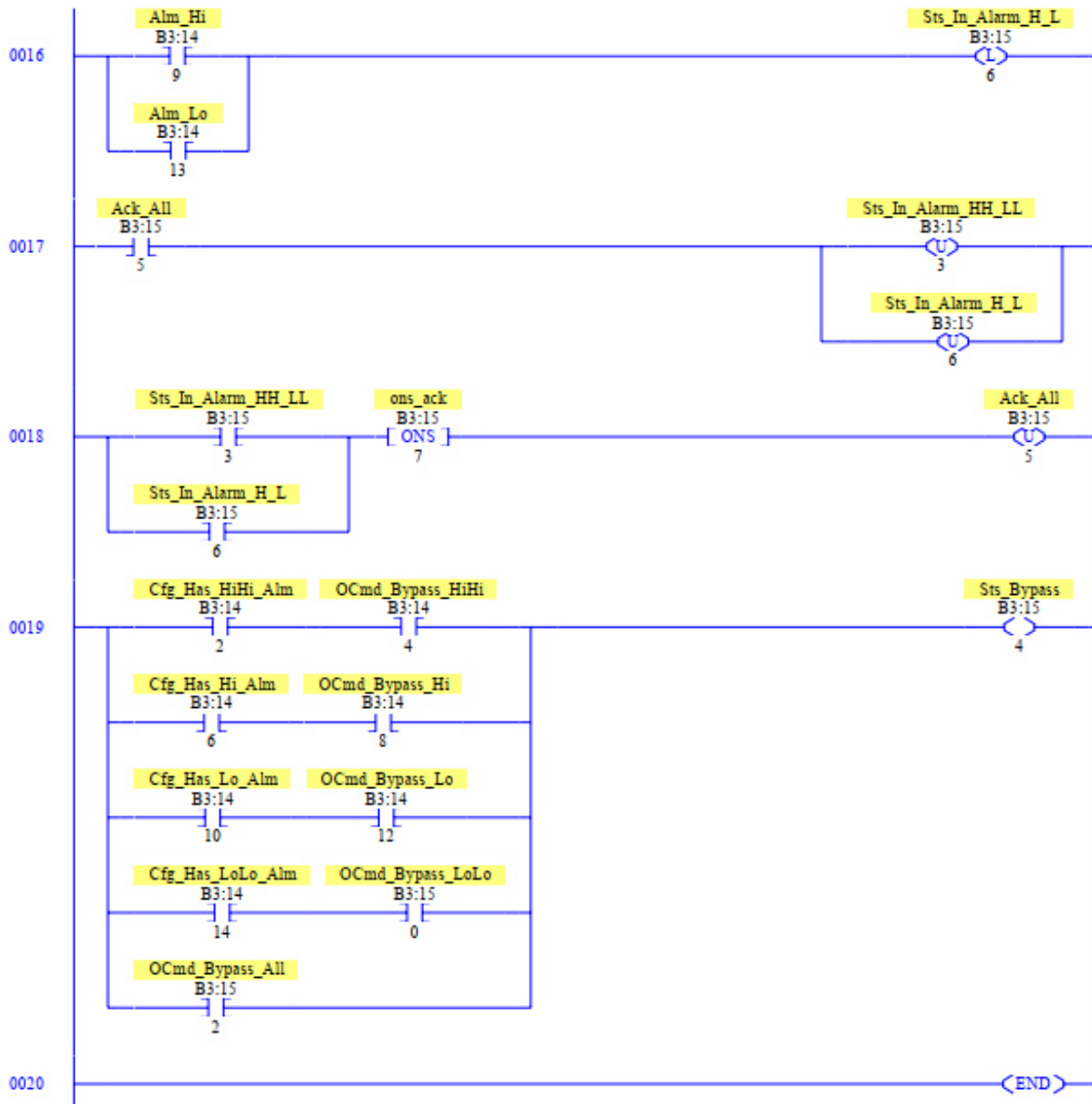
Figura 55: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 5



Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

La figura 54 y 55 muestra se aprecia la comparación del valor del sensor de nivel con el valor seteados tanto en la línea 0011 como en la línea 0014 viendo que al término de la comparación enviara una alarma para que el sistema decida si debe o no arrancar otra bomba con la finalidad y bombear más agua a la planta de chancado lavado.

Figura 56: Lógica de Control de Sensor de Nivel R5 parte 6



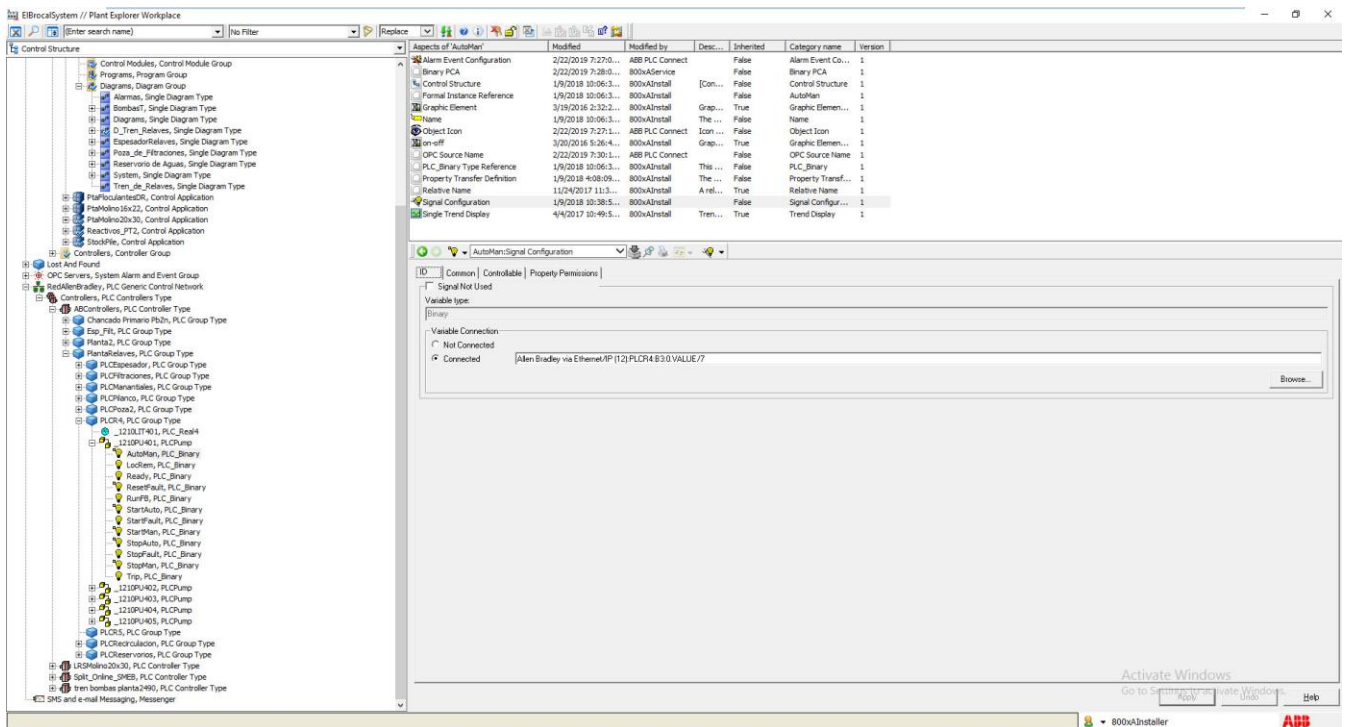
Fuente: Desarrollado en RSLogix 500

5.1.4. Configuración y Desarrollo de pantallas de operación SCADA

Una vez realizada la lógica de control del plc se procede a realizar la configuración para la conexión de las estaciones al DCS mediante OPC Matrikon

- Agregamos un PLC Group Type con el nombre “Planta Relaves”
- Creamos un PLC Group Type para cada estación
- Creamos un PLC_Pump para cada bomba de la estación
- Creamos un PLC_Binary o PLC_Real4 según la necesidad del tipo de datos enviado de cada estación de bombeo.

Figura 57: Configuración OPC Matrikon



Fuente: Desarrollado en System800xA ABB

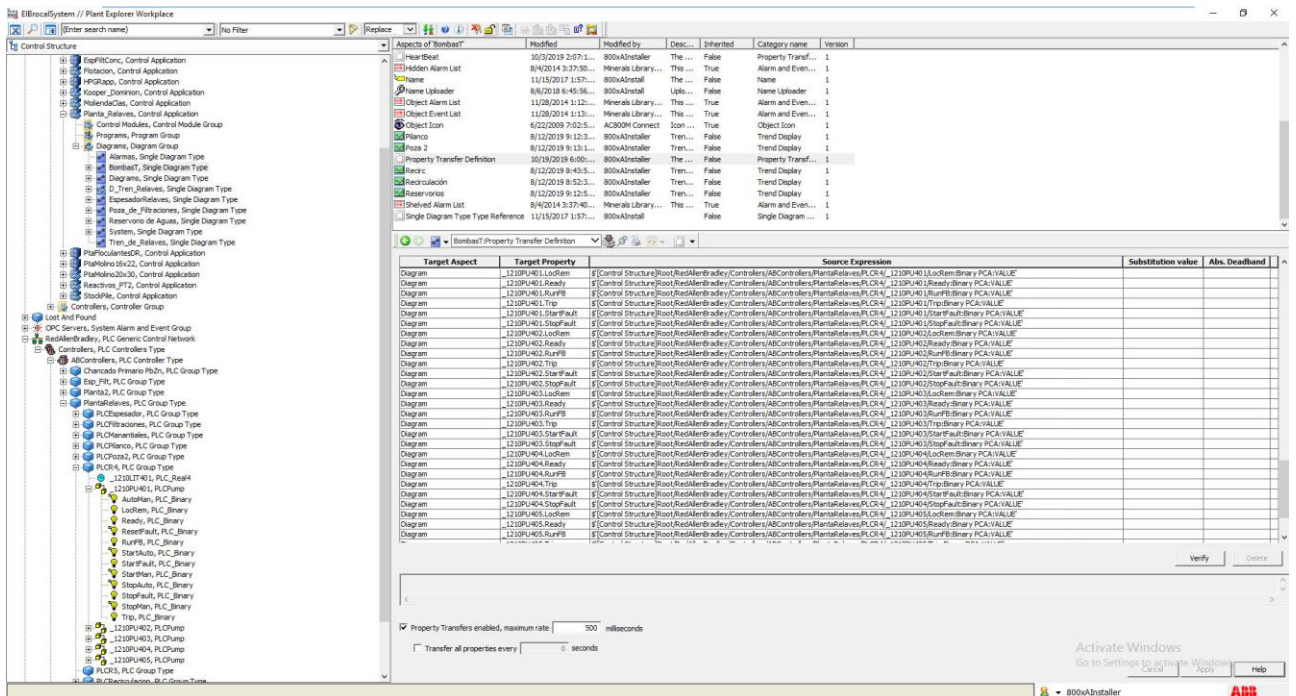
En la parte inferior derecha de la figura 57 se realiza la conexión entre el tipo de variable y la señal del PLC a la cual vincular.

Se siguió el procedimiento para las señales de AutoMan, LocRem, Ready, ResetFaul, RumFB, StarAuto, StarFault, StarMan, StopAuto, StopFault, StopMan y trip de cada una de las bombas que poseía cada estación de bombeo.

- Se generó un Property Transfer dentro del Diagram Type del DCS para realizar la migración de variables del OPC matrikon.

La figura 58 muestra que todas las variables de cada bomba fueron conectadas al Diagram Type asignado.

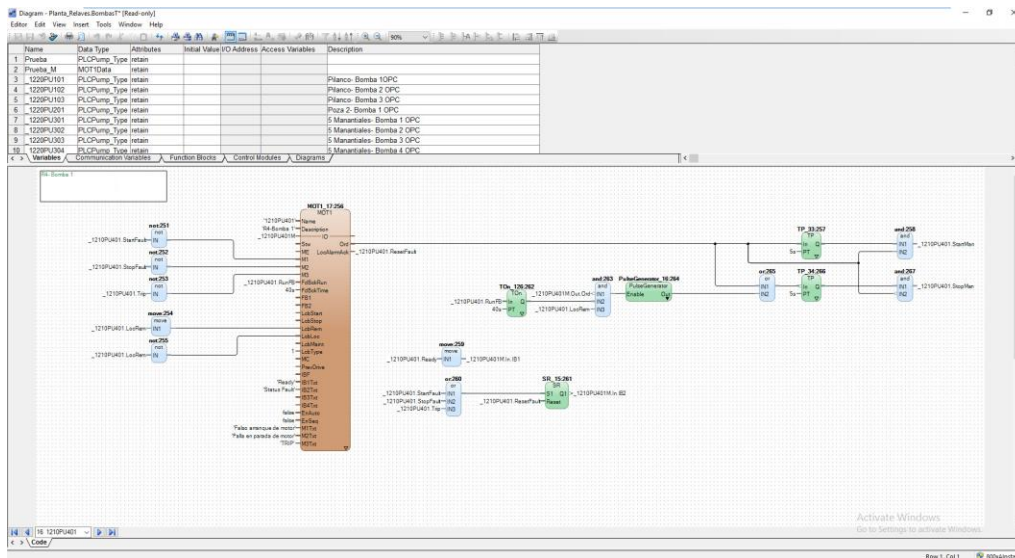
Figura 58: Configuración del Property Transfer



Fuente: Desarrollado en System800xA ABB

La figura 59 muestra la conexión realizada de las variables transportadas por Property transfer hacia la librería MOT1 de Minerals la cual generara por defecto un faceplate para el uso de las estaciones de bombeo.

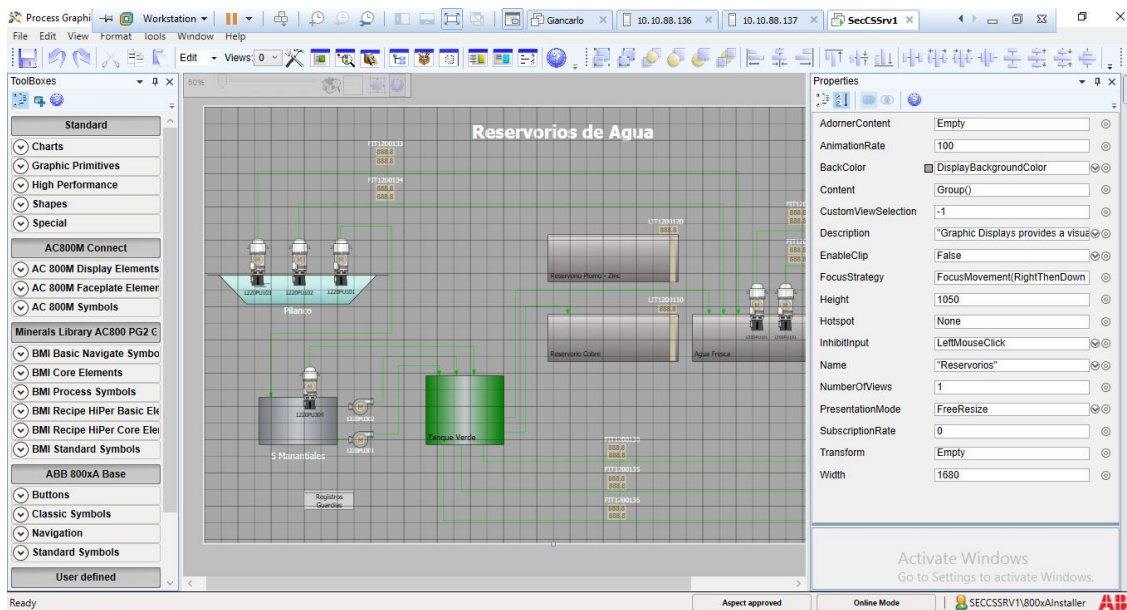
Figura 59: Conexión de Variables a librería MOTI de Minerals



Fuente: Desarrollado en System800xA ABB

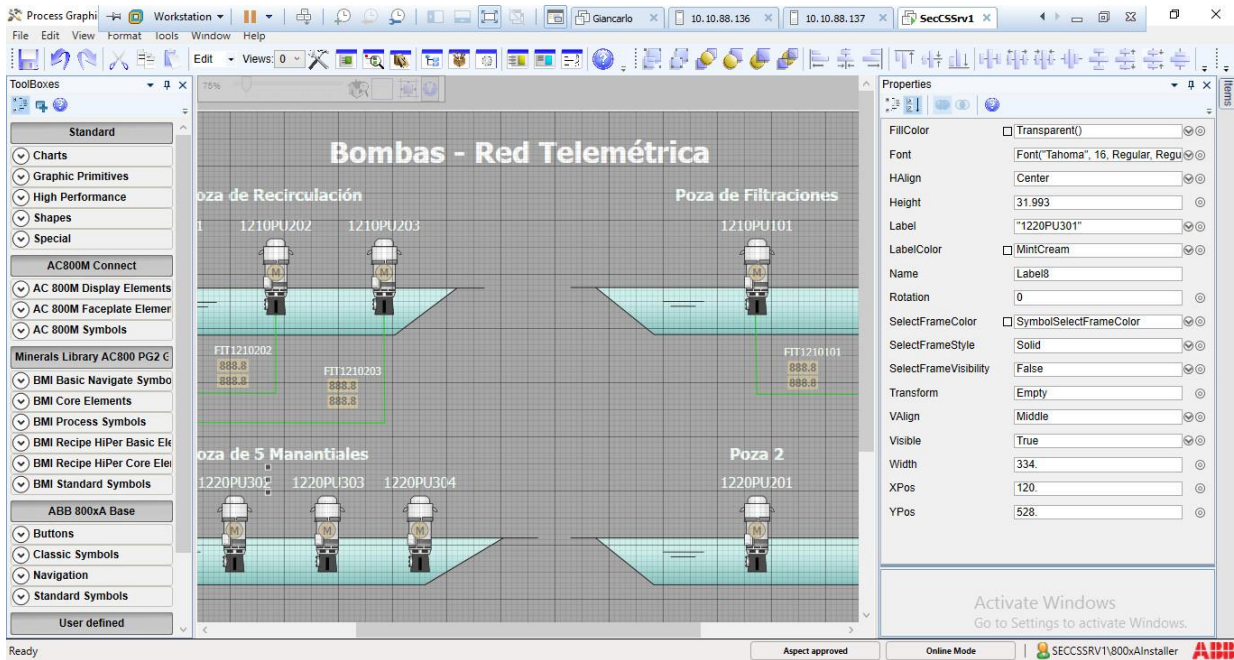
Las figuras 60 y 61 muestran el desarrollo de las pantallas de operación para las estaciones de bombeo en la cual se agregaron las bombas y se dibujaron las estaciones de bombeo así también fueron agregados las señales de los flujómetros que tenían las estaciones de bombeo. El desarrollo fue en Graphic Builder una aplicación interna del DCS System800xA de ABB.

Figura 60: Desarrollo de Pantallas de Operación Reservorio de Agua



Fuente: Desarrollado en Graphic Builder ABB

Figura 61: Desarrollo de Pantalla de Operación Bombas - Red Telemétrica



Fuente: Desarrollado en Graphic Builder ABB

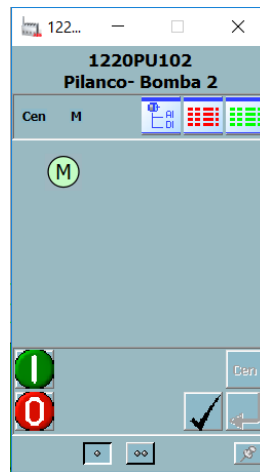
5.2. Pruebas y Resultados

5.2.1. Pruebas y Puesta en Marcha

Para las pruebas de funcionamiento del sistema se optó por realizar arranques de bombas desde sala de control.

- Se procede a hacer clic a la imagen de una bomba la cual nos direcciona a un faceplate de la bomba.

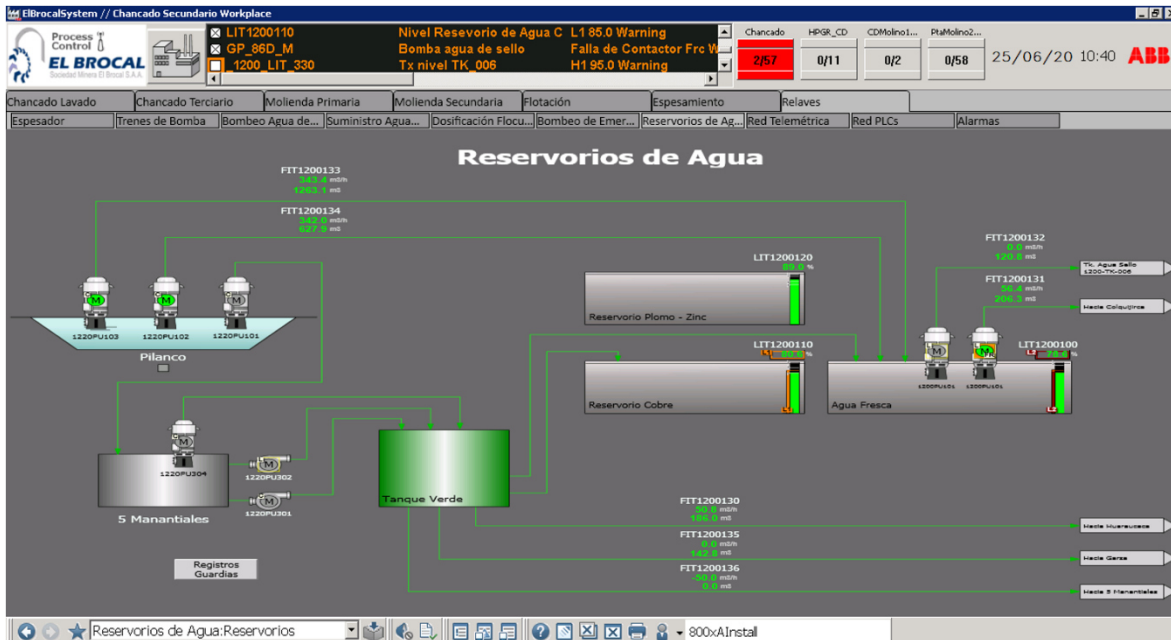
Figura 62: Faceplate de bomba 2 de Pilanco



Fuente: Sistema de Control System 800xA ABB

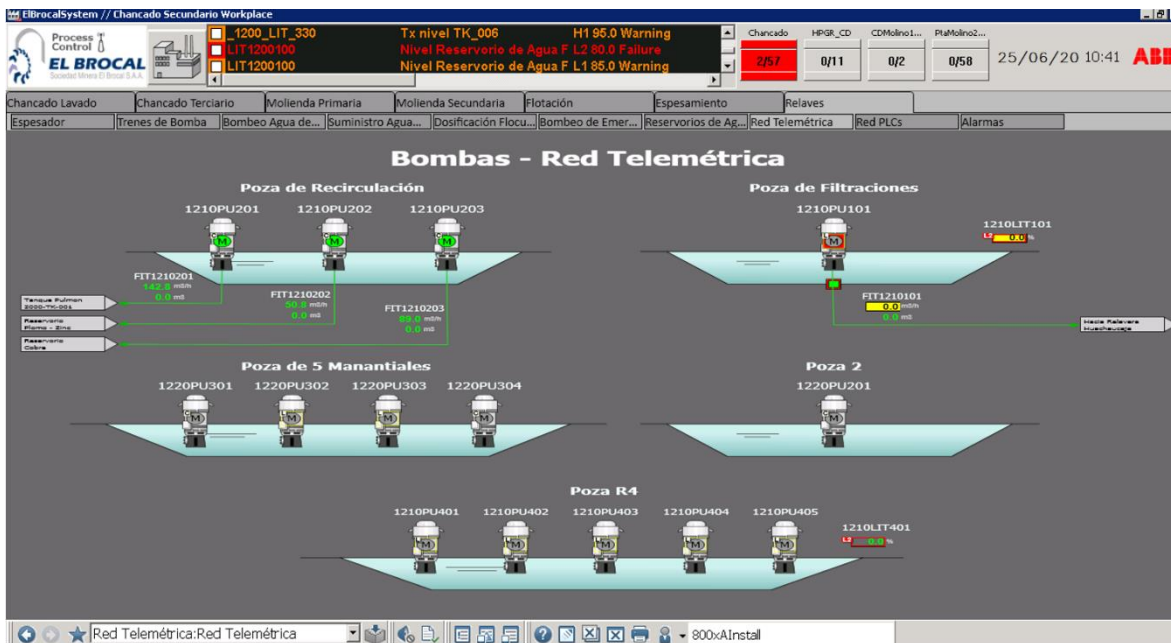
- Dentro del faceplate encontraras los botones de arranque y parada representada por los colores verde y rojo respectivamente y un check que representa el reinicio del sistema.
- Se procedió a accionar el botón verde de Start y de forma instantánea la bomba 2 de pilanco procedió a arrancar.
- Para verificar que la bomba estaba arrancada se usó de retroalimentación la señal del flujómetro de dicha línea la cual muestra un valor de 343 m³/h haciendo referencia a que la bomba ya está arrancada y enviando de forma correcta el agua requerida para la operación.
- Esta acción se repitió para las bombas integradas que contaban con un flujómetro como medición esto específicamente en las estaciones Pilanco y Poza de recirculación de Huachaucaja como se puede apreciar en la figura 63 y 64.

Figura 63: Pantalla de Operación Reservoirio de Agua SMEB



Fuente: Desarrollado en System800xA ABB

Figura 64: Pantalla de Operación Bombas-Red telemétrica



Fuente: Desarrollado en System800xA ABB

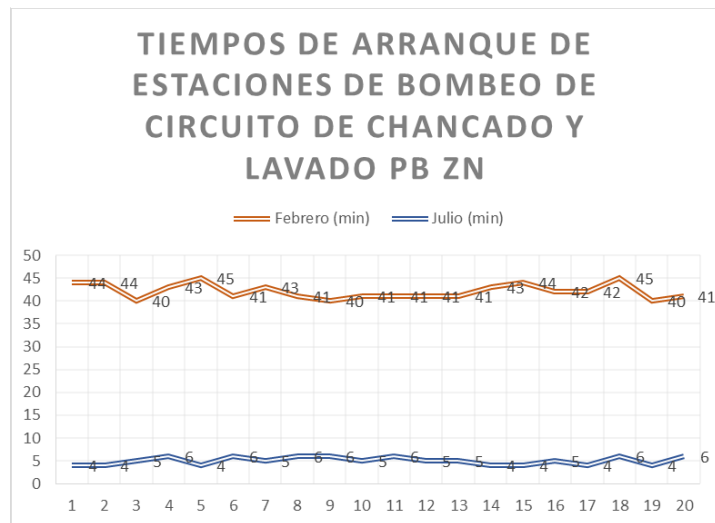
Las figuras 63 y 64 muestran las pantallas de operación desarrolladas para el operador de la planta chancado lavado Pb Zn con la finalidad de que pueda arrancar las estaciones de acuerdo con la necesidad de agua que él requiera.

Para comprobar la eficiencia de la red telemétrica implementada a las estaciones de bombeo de agua fresca del circuito de chancado lavado Pb Zn se realizó una comparación de tiempo de arranque tomadas en el mes de febrero antes de la implementación del proyecto en el cual dependían de la movilización del personal como se muestra en la Tabla 1 del presente documento y tiempos de arranque en julio con el proyecto implementado y el arranque desde la sala de control de Chancado Lavado Pb Zn.

Tabla 8: Tiempos de Arranque de Estaciones de bombeo

Tiempos de Arranque		
Prueba	Febrero (min)	Julio (min)
1	44	4
2	44	4
3	40	5
4	43	6
5	45	4
6	41	6
7	43	5
8	41	6
9	40	6
10	41	5
11	41	6
12	41	5
13	41	5
14	43	4
15	44	4
16	42	5
17	42	4
18	45	6
19	40	4
20	41	6
Prom.	42.1	5.5

Figura 65: Grafico de Tendencia de Tiempos de Arranque



Fuente: Realizado con los datos de campo SMEB en Excel

Fuente: Datos tomados de Campo en SMEB

Como se puede apreciar en la Tabla 8, el tiempo promedio de arranque antes de la implementación del proyecto era de aproximadamente 42.1 min y el tiempo promedio del arranque después de la implementación del proyecto es de 5.5 min, lo cual representa una reducción del tiempo de arranque del 86.9%.

5.2.2. Resultados.

- Se comprobó lo mencionado por Bach y Gareis (2017) en “Incorporación de Presóstatos Solares al Sistema de Telemetría del Servicio de Agua Potable de Crespo” en el cual se resalta que un sistema de red telemétrica en estaciones de bombeo de agua hace que un sistema sea más eficiente y se dirija a un sistema sustentable en el tiempo.
- Los resultados obtenidos concuerdan con Días Solano, Mendoza Valdivieso y Young Chung (Días Solano, Mendoza Valdivieso y Yong Chung 2015) en “Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de fabricación de productos culinarios deshidratados en polvo” debido a que para conseguir la reducción del tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn se tuvo que implementar un nuevo esquema de trabajo y brindar las herramientas necesarias al operador de la planta para respaldar el proceso.
- La implementación del PLC Micrologix 1100 y la integración al DCS System800xA de la planta EIBROCALSYSTEM concuerdan con Gamarra Zarate, Jordy Bryan (Gamarra Zarate 2017) en “SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO MEDIANTE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, COMO ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESABASTECIMIENTO DE AGUA, EN EL A.H. PORTADA DE MANCHAY II, DISTRITO DE PACHACAMAC” puesto que en nuestros resultados logramos que con la red telemétrica nuestro sistema fuera más eficiente mediante la reducción de tiempo de arranque realizada por un controlador lógico programable.
- Mediante la implementación de la red telemétrica y la configuración del sistema de control comprobamos lo mencionado por Calderón Vilca y Ingemmet (2019) “INFORME ANUAL 2019: INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED TELEMÉTRICA DE LOS VOLCANES SABANCAYA, UBINAS, MISTI Y TICSANI” debido a que se logró mejorar la supervisión de las estaciones de operación mediante un monitoreo continuo que permitirá al operador mejorar la toma de decisiones ante alguna anomalía.

Conclusiones

- Se logró reducir el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn en Sociedad Minera El Brocal – Cerro de Pasco en 36.6 min que representa un 86.9% del tiempo anterior a la implementación del proyecto, esto se logró mediante la implementación de una red telemétrica que permite el arranque remoto de las estaciones de bombeo ubicadas a más de 5km de distancia de la planta concentradora.
- Se identificó el principal motivo por el cual demora el arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn al coordinar reuniones con los jefes de guardia y realizar un análisis de los sistemas auxiliares que interfieren en el arranque logrando como desarrollo un diagrama de bloques del proceso de arranque que se requiere como se aprecia en la figura 6.
- Se realizó la propuesta de solución para reducir el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn en la cual se manifestó 3 formas de realizarlo como se aprecia en la figura 7, optando por la implementación de una red telemétrica en las estaciones de bombeo de agua fresca debido a que cumplía con las condiciones de ingeniería requerida y era una solución más económica como se puede apreciar en la figura 8.
- Se realizó la construcción de la solución propuesta optimizando el tiempo de arranque del circuito de chancado lavado Pb Zn para el cual se hizo un desarrollo de la arquitectura de red, se instalaron gabinetes de control y radio enlaces, se configuró el sistema de control para obtener las señales de cada bomba y se realizó una pantalla de operación para el arranque remoto de estaciones de bombeo como se aprecia en las figuras 63 y 64.
- Con la implementación del proyecto se logró el arranque remoto de todas las estaciones en tiempo real, historización de datos y una mejor supervisión y control de todas las estaciones lo cual conlleva a un aumento de la productividad del personal y la planta, debido a que los tiempos de espera para la alimentación del agua mostrados en la tabla 1 fueron reducidos al tener un arranque en tiempo real.

Trabajos futuros

Para una correcta operación de la solución planteada al requerimiento de reducción del tiempo de arranque del circuito de chancado y lavado Pb Zn se ha propuesto realizar una lista de trabajos con la finalidad de garantizar su correcta operación en el tiempo.

1. Implementación de un programa de mantenimiento.

Debido a lo lejos que se encuentra de la operación los equipos utilizados para la red telemétrica como las antenas y radios, estos se encuentran expuestos a las condiciones climatológicas del lugar tales como lluvias torrenciales y tormentas eléctricas. Para ello se debe de realizar un programa de mantenimiento cada 6 meses para garantizar su operación continua.

2. Implementar Sistema Inteligente de Arranque de bombas

Se tiene los niveles de los reservorios de agua a donde llegan todas las estaciones de bombeo, con ello se puede implementar un sistema automático que decida la cantidad exacta a agua que debe de mantener haciendo un PID que controle la revolución de las bombas con la finalidad de garantizar que siempre se tenga el nivel de agua deseado y evitar que las bombas estén arrancando y parando cada cierto tiempo.

Referencias Bibliográficas

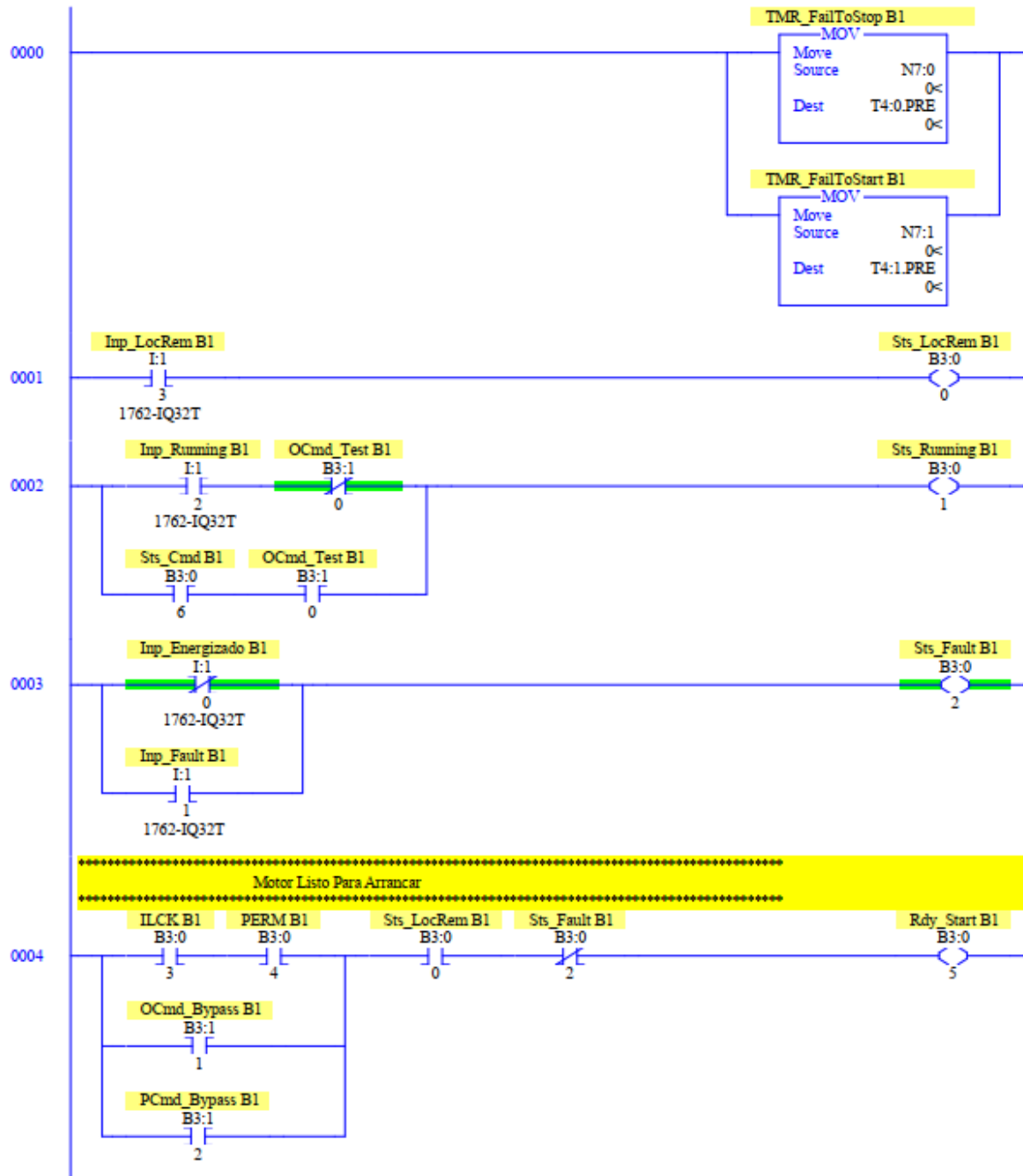
- BACH, F. y GAREIS, J., 2017. Incorporación de presóstatos solares al sistema de telemetría del servicio de agua potable de Crespo (Incorporation of Solar Presostats to the Telemetry System of the Crespo Drinking Water Service). [en línea]. SSRN Scholarly Paper. Rochester, NY: Social Science Research Network. [Consulta: 16 mayo 2020]. ID 3112998. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3112998>.
- CALDERÓN VILCA, J.J. y INGEMMET, O.V. del, 2019. Informe anual 2019: instalación y mantenimiento de la red telemétrica de los volcanes Sabancaya, Ubina, Misti y Ticsani. En: Accepted: 2020-05-07T05:20:16Z, *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET* [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2581>.
- CAPRARO, F., TOSETTI, S., MUT, V., CAMPILLO, P., OLGUÍN, A. y PACHECO, D., 2019. Implementación del sistema “Telemetría Agrícola” para el manejo y análisis de estrategias de riego deficitario controlado en el cultivo de tomate. *XI Congreso de AgroInformática (CAI) - JAIIO 48 (Salta, 2019)* [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88096>.
- CHAN RIOS, R.J., 2017. Desarrollo de un sistema telemétrico avanzado para sensores medio-ambientales remotos. En: Accepted: 2018-11-12T20:23:53Z, *Repositorio institucional – UNAC*. [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2509>.
- DÍAZ SOLANO, E.Y., MENDOZA VALDIVIESO, L.Á. y YONG CHUNG, F.E., 2015. Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de fabricación de productos culinarios deshidratados en polvo. En: Accepted: 2016-05-22T16:13:06Z, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)* [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/610547>.
- GAMARRA ZARATE, J.B., 2017. Sistema De Bombeo Automatizado Mediante Controlador Lógico Programable, Como Alternativa Para La Reducción De Los Tiempos De Desabastecimiento De Agua, En El A.H. Portada De Manchay II, Distrito De Pachacamac. En: Accepted: 2018-01-04T13:47:42Z, *Universidad*

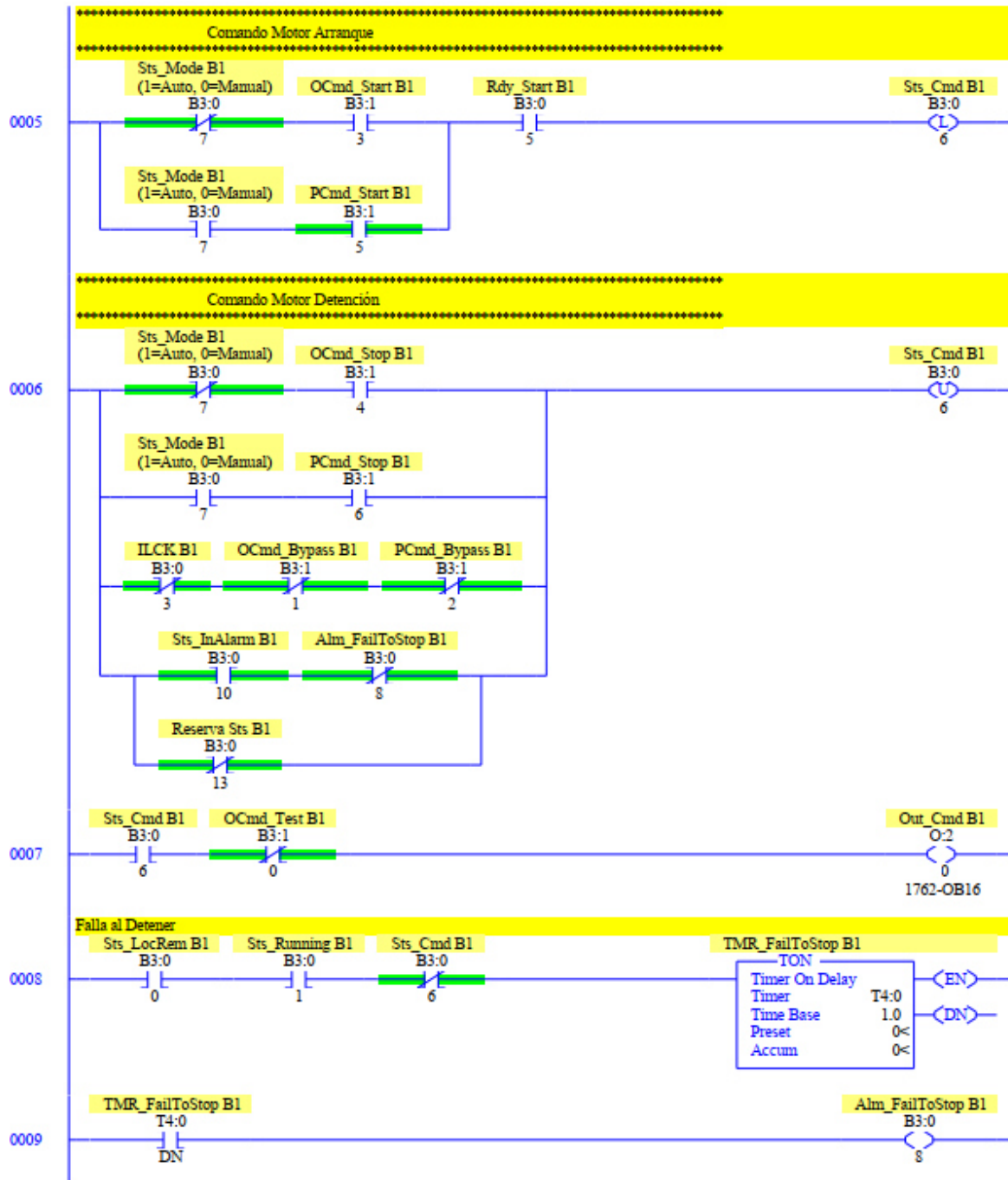
Nacional Tecnológica de Lima Sur [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.untels.edu.pe//handle/UNTELS/178>.

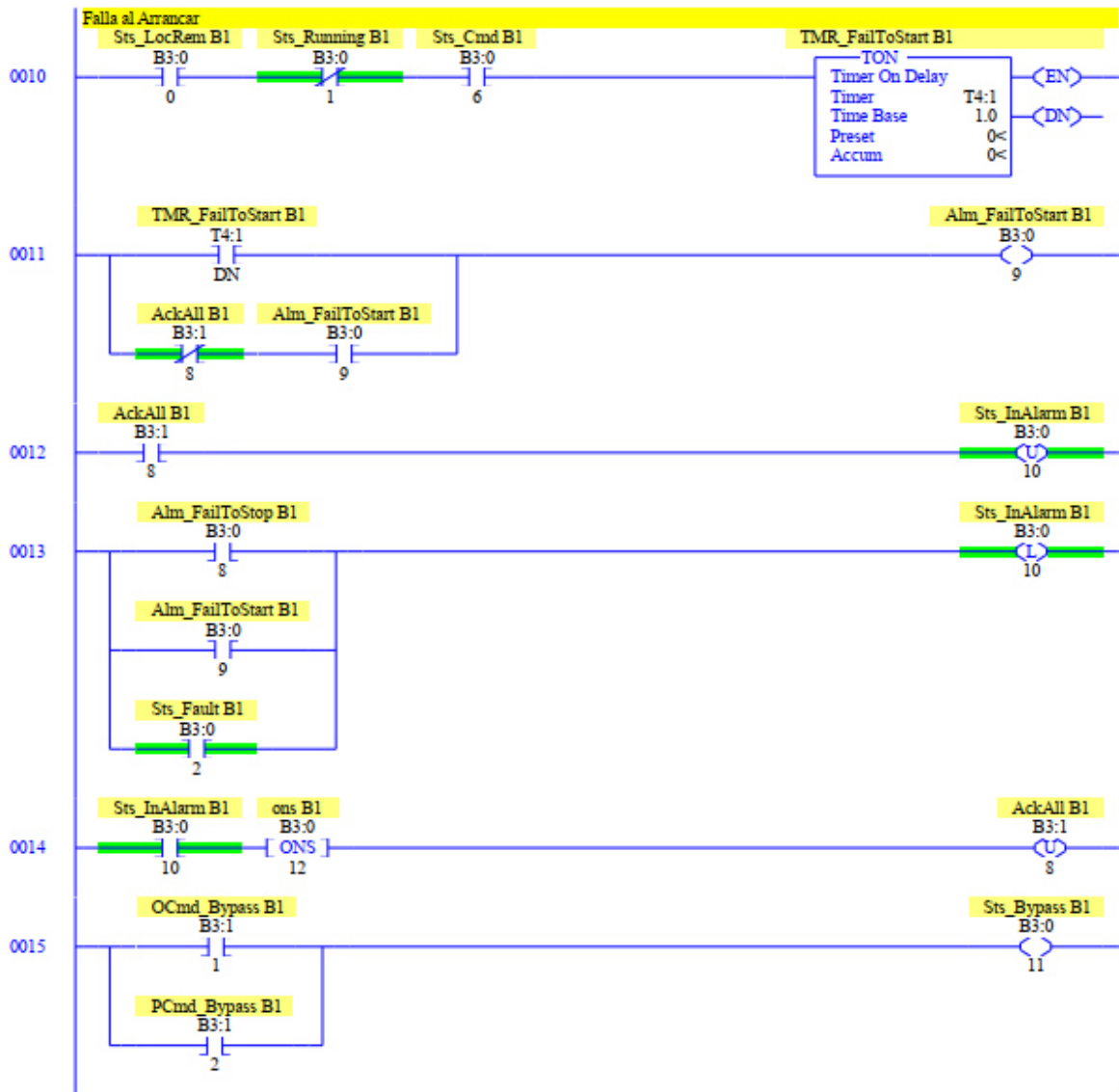
- OROPEZA, por J., 2020. SISTEMAS DE CONTROL: DEFINICIÓN, TIPOS Y FUNCIÓN. *Te confirmamos si tu sistema operativo aguanta un software* [en línea]. [Consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <https://siaguanta.com/c-tecnologia/sistemas-de-control/>.
- PINCAY CANALES, K.B., 2018. Desarrollo de un sistema de telemetría para el control y supervisión del consumo de agua en hogares residenciales. En: Accepted: 2018-04-27T14:41:11Z [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10270>.
- RAMÍREZ GIL, L.V., GÓMEZ BULL, K.G., LINARES GIL, M.V. y VARGAS SALGADO, M.M., 2018. Reducción de Tiempo de Ciclo en Estación de Trabajo de Industria Automotriz. *Cultura Científica y Tecnológica* [en línea], vol. 0, no. 66. [Consulta: 16 mayo 2020]. ISSN 2007-0411. DOI 10.20983/culcyt.2018.3.5. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2803>.
- RIOS VARGAS, Y.L., 2018. Análisis de radio enlaces de la red telemétrica de recolección de datos en tiempo real “STC” comparado con la simulación en el software radio mobile, sus propiedades y características. En: Accepted: 2018-02-06T13:54:25Z [en línea], [Consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co//handle/123456789/219>.
- SITRACK, [sin fecha]. Qué es la telemetría y sus aplicaciones. [en línea]. [Consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <http://landing.sitrack.com/telemetría-y-sus-aplicaciones>.

Anexos

1. Programación Estándar para PLC de Estaciones de Bombeo.







0016

